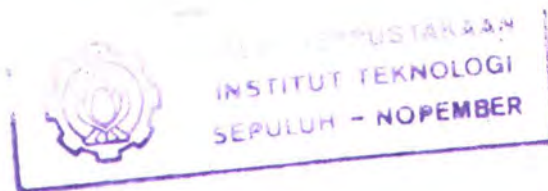


19.071/ITS/H/2003



**TUGAS AKHIR**

(KL 1702)

**MODEL ANOMALI MEDAN MAGNET UNTUK  
INTERPRETASI POSISI KAPAL KARAM**



RSKe  
538.72  
Suf  
M-1  
2003

Oleh :

**AGUS SUFYAN**

NRP. 4398.100.025

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	19-8-2003
Terima Dikl	H
No. Agenda Prp.	218855

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2003**

# LEMBAR PENGESAHAN

## MODEL ANOMALI MEDAN MAGNET UNTUK INTERPRETASI POSISI KAPAL KARAM

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Jurusan Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, Juli 2003

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Mahmud Musta'in, MSc.

NIP. 131.869.967

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Wahyudi, MSc.

NIP. 131.842.502







## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Demi masa Sesungguhnya manusia itu merugi, kecuali orang-orang yang beriman dan beramal sholeh dan saling berpesan dalam kebaikan dan kesabaran. (Q.S. Al-'Asir ayat 1-3).*

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Robbirlhamhuma kama robbayani shoghira*

*Ya Allah limpahkanlah kasih sayang-Mu*

*Serta pengampunan-Mu pada kedua orang tuaku*

*Ketahuiilah, bahwa sesungguhnya kehidupan dunia itu hanyalah permainan dan suatu yang melalaikan, perhiasan dan bermegah-megah antara kamu serta berbangga-banggaan tentang banyaknya harta dan anak, seperti hujan yang tanam-tanamannya mengagumkan para petani; kemudian tanaman itu menjadi kering dan kamu lihat warnanya kuning kemudian menjadi hancur. Dan di akhirat (nanti) ada azab yang keras dan ampunan dari Allah serta keridhaan-Nya. Dan kehidupan dunia ini tidak lain hanyalah kesenangan yang menipu.*

*(QS. Al-Hadiid ayat 20)*

*Dengan segenap rasa cinta kupersembahkan kepada:*

*Ibunda, Ayahanda dan kakakku tercinta.*

*Almamaterku tercinta Jurusan Teknik Kelautan.*





## ABSTRAK

بسم الله الرحمن الرحيم

*Ya Tuhanku, masukkanlah aku secara masuk yang benar dan keluarkanlah (pula) aku secara keluar yang benar dan berikanlah kepadaku dari sisi Engkau kekuasaan yang menolong (QS. Al Israa' ayat 80)*

## ABSTRAK

Metode magnetik adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon seperti minyak bumi maupun struktur tenggelam seperti kapal karam melalui pengukuran parameter fisika. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui model anomali medan magnet kapal karam Van der Wijck yang memiliki panjang 105 meter dan lebar 15 meter, dan tenggelam sedalam 45 meter di perairan Lamongan. Pemodelan anomali ini menggunakan *software* MAG2DC dengan menggunakan sudut bearing  $0^0$  dan  $90^0$ , dan menggunakan sudut potong penampang kapal  $0^0$ ,  $15^0$ ,  $30^0$ ,  $45^0$ ,  $60^0$ ,  $75^0$  serta  $90^0$  dari arah memotong lebar kapal. Dari pemodelan tersebut didapatkan anomali medan magnet untuk bearing  $0^0$  adalah 216.0 nT untuk sudut  $0^0$  (minimum), dan 458.2 nT untuk sudut  $75^0$  (maksimum). Dan untuk bearing  $90^0$  adalah 69.2 nT untuk sudut  $0^0$  (maksimum) dan -3.1 nT untuk sudut  $90^0$ . Hasil dari pemodelan ini bisa digunakan untuk mengetahui bentuk anomali (penyimpangan) kuat medan yang ditimbulkan akibat adanya kapal karam Van der Wijck. Selain itu juga bisa digunakan sebagai data acuan dalam menduga adanya kapal karam, dengan membandingkan hasil dari pemodelan ini dengan hasil survei yang dilakukan dilapangan secara langsung untuk mengetahui kuat medan magnet yang ditimbulkan.

**Kata Kunci:** Geofisika, Anomali, Magnetik, Interpretasi, Kapal





## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Berkata Musa; "Ya Tuhanku, lapangkanlah untukku dadaku, dan mudahkanlah untukku urusanku, dan lepaskanlah kekakuan dari lidahiku (QS. Thaahaa ayat 25-27)*

## KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat serta hidayah-Nya. Sholawat serta salam kami tujukan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Model Anomali Medan Magnet untuk Interpretasi Posisi Kapal Karam “** tepat pada waktu yang ditentukan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu dari prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana strata-1 (S1) yang terdapat dalam kurikulum Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS Surabaya. Tugas Akhir ini berisikan tentang pembuatan model anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam. Dalam proses pengerjaan dan penyelesaiannya digunakan software AUTOCAD dan MAG2DC.

Studi ini dimaksudkan untuk mengetahui model anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam dengan menggunakan data kapal karam Van der Wijck yang tenggelam di perairan Lamongan. Interpretasi ini dilakukan sebagai salah satu metode awal yang digunakan untuk menduga adanya struktur dibawah laut, dalam hal ini di ambil contoh kapal karam.

Harapan dari penulis semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi civitas akademika Teknik Kelautan pada khususnya dan ITS pada umumnya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini jauh dari kesempurnaan dan banyak



kekurangannya, sehingga kami berharap masukan-masukan, kritik serta saran yang bersifat membangun yang nantinya akan bermanfaat bagi kesempurnaan dan pengembangan lebih lanjut. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, bangsa, negara dan agama, khususnya dibidang teknologi kelautan. Amin.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Surabaya, Juli 2003

Agus Sufyan



## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Perhiasan seorang pemuda di tengah masyarakatnya ialah kelulusan akalnya, meski sedikit kekayaannya. Dan keburukannya di tengah masyarakat adalah kekerdilan akalnya, meski tinggi nasab keturunannya. (Ibrahim Bin Hasan)*



## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak terutama saudara dan teman-teman tercintaku, baik dukungan moral maupun material. Semoga Allah membalas bantuan yang saudara berikan. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus ikhlas hanya dapat mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yang terhormat dan tercinta selalu orang tua penulis, Ibu Sumirah dan Bapak Achmad Djali yang telah mendukung dan membesarkan saya dengan besar hati.
2. Dr. Mahmud Musta'in, MSc atas segala kesabaran dan kesediaannya meluangkan banyak waktu untuk membimbing, menasehati, mengarahkan selaku dosen pembimbing I.
3. Dr. Ir. Wahyudi, MSc atas bimbingan dan kesediaannya menjadi dosen pembimbing II.
4. Ir. Murdjito, MSc atas masukan dan kritikan selama di Lab. Opres.
5. Tim Dosen Penguji atas pemberian nilai baiknya.
6. Ir. Imam Rochani, MSc selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, saran, masukan dan juga kritik yang membangun.
7. Dr. Ir. Paulus Indiyono, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS dengan segala fasilitas di jurusan yang diberikan.
8. Seluruh keluarga besar Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS (dosen, karyawan, mahasiswa, dan alumni) atas jasa besarnya yang telah diberikan.
9. Kakak-kakakku Mbak Yuli, Mas Mofid, Mas Dawam, Mbak Ririn yang telah memberikan dukungan moral maupun material selama penulis kuliah.
10. Keponakanku yang lucu-lucu: Faris, Refi dan Salsa yang telah mengganggu dan menghiburku selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

11. Keluarga di Bendul Merisi yang selalu menanyakan kapan kelulusanku.
12. Anang, Alek dan Baidowi (Kapal '98) atas masukannya dalam pemodelan kapal karam Van der Wijck.
13. Pimpinan dan karyawan dinas pariwisata dan perhubungan di Pemerintah daerah Lamongan yang telah memberikan informasi penting tentang kapal karam Van der Wijck.
14. Bank Pembangunan Asia (ADB) dan Yayasan Supersemar yang memberikan bantuan dana beasiswa kepada penulis.
15. Teman-teman *marine geophysics/geology*: Didik, Puguh, Nuril, Miil, Iwan, Ivan, Budi Kadir atas pinjaman bukunya dan penjelasannya.
16. Arek-arek Kontrakan Kejawan Gebang VI/17B: Giri, Eko Buagus, Topan, Ta'in, Eko Kodok, dan Yudi Brintik yang telah banyak membantu dalam segala hal, thank's banget?. Semoga kita semua jadi orang sukses. *Amien !!*.
17. Arek-arek Lab. Opres n Numod: Mamad, Teddy, Alexis, Budi Kris, Ferry, Cecep, Denok, Medi patkey, Dain, Ondi, Punk, Suhud, Slamet, Sofyan, Breh, dan lain-lain atas bantuan dan kerja sama yang baik sekali.
18. Arek-arek angkatan tuwek: Laut '97, Laut '96, Laut '95 n Laut '94 atas bantuan dan bimbingannya selama penulis kuliah di Teknik Kelautan.
19. Arek-arek angkatan enom: Laut '99, Laut '00, Laut '01, Laut '02 atas bantuan yang pernah diberikan selama penulis kuliah di Teknik Kelautan.
20. Saudara-saudaraku seperjuangan dan senasib, angkatan reformasi Laut '98: Didik SP (komting), Udin cacake (penghibur), Budi Busyet.(bos), Medi (lek-ku), Yossy, AB Three L'98 (Diah Kritink, Indah Si Mont, dan Milka Si Ndut), Tia n Teddy (eko patrio), Iza , Kadaffi (sekjen), Willy (buluk), Yusuf (bapak), Suyuthi (jendral), Rudi, Puguh, Donny (Doncol), semua personil Dji Sam Soe (Bambang (paman), Djatmiko, Kodir, Panggi, Bun Bun, Heru (Timbul)), Lucky (semoga beruntung seperti namanya), Muhammad (yang baru menikah di akhir juli 2003), Dadang (pabrik cat Jotun), Satriyanto, Aryo (Punk), Rouf (kahima extension), Mamah, Yenung, Lidya, Arik, Rendra, Sulung, Sosro, Teguh, Fonda, Nuril, Kunto, Sindhu, Destra, Iwan, Andi (Gedhek), Wiyono, Zakky, Lalu, Hilman, Isa, Syarif, Amri, Arya,



Makrus (yang masih rantau di negeri Sakura Jepang), Erwin (yang hilang entah kemana di pulau Dewata Bali), Andreas (juga lenyap entah kemana di dataran Kediri), dan Vincent Acong atas kebersamaannya selama di angkatan '98 yang telah banyak memberi dukungan, pengalaman, keceriaan selama kuliah dan penyelesaian proyek tugas akhir ini. Makasih banyak...!! Atas doa restu kalian aku dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ingat perjuangan kita masih sangat panjang, selalu berjuang kawan. *KITA BERTEMU DI PUNCAK KEJAYAAN MASA DEPAN BERSAMA-SAMA KAWAN. SALAM SUKSES SELALU BAGI KITA SEMUA.*

21. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dengan penuh kerendahan hati saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu mohon kiranya pembaca dapat memberikan kritik dan saran. Dan akhirnya semoga Tugas Akhir ini akan memberikan manfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Pendidikan. *Amiin.*

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Surabaya, Juli 2003

Agus Sufyan



## DAFTAR ISI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan (QS. Thaashaa' ayat 114)*



## DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii

## BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2. Perumusan Masalah.....	I-4
1.3. Tujuan.....	I-4
1.4. Manfaat.....	I-4
1.5. Batasan Masalah.....	I-5

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka.....	II-1
2.2. Landasan Teori .....	II-4
2.2.1. Aplikasi Metode Magnetik Untuk Eksplorasi Lepas Pantai ...	II-4
2.2.1.1. Pelaksanaan Survei Magnetik.....	II-4
2.2.1.2. Tahapan Aplikasi Metode Magnetik untuk Eksplorasi Lepas Pantai .. .....	II-5
2.2.2. Prinsip-Prinsip Magnetik .....	II-6
2.2.2.1. Kutub-Kutub Magnet .....	II-7
2.2.2.2. Gaya Magnet ( <i>Magnetic Force</i> ).....	II-8
2.2.2.3. Medan Magnet .....	II-8
2.2.2.4. Momen Magnetik .....	II-9
2.2.2.5. Intensitas Magnetisasi .....	II-9
2.2.2.6. Satuan Intensitas Magnetik .....	II-10
2.2.2.7. Induksi Magnet .....	II-10
2.2.2.8. Hubungan Induksi Magnet dan Kuat Medan (Hysteresis Loop) .....	II-11
2.2.3. Suseptibilitas Magnetik .....	II-13
2.2.3.1. Suseptibilitas dan Densitas Batuan dan Mineral.....	II-13
2.2.3.2. Suseptibilitas Logam .....	II-15
2.2.4. Anomali Medan .....	II-18
2.2.5. Kemagnetan pada Bumi .....	II-20



2.2.5. 1. Komponen Magnet dan Sifat-Sifatnya .....	II-20
2.2.5.2. Medan Magnet Bumi.....	II-24
2.2.6. Kemagnetan Pada Batuan .....	II-27
2.2.6.1. Magnetisasi Residual .....	II-29
2.2.7. Pengaruh Magnetik dari Massa/Bodi Magnetik yang Terpendam...	II-30
2.2.7.1. umum. ....	II-30
2.2.7.2. Metoda Analisa.....	II-33
2.2.7.3. Intensitas Vertikal dari Bodi yang Terpolarisasi Vertikal...	II-33
2.2.7.4. Batang Magnet Vertikal.....	II-34
2.2.7.5. Bentuk Bola.....	II-35
2.2.7.6. Silinder Horisontal.....	II-36
2.2.7.7. Silinder Vertikal.....	II-36
2.2.7.8. Struktur Pita Vertikal ( <i>Vertikal Sheet</i> ).....	II-37
2.2.8 Metode Analisa Volume dan Berat Kapal Karam.....	II-37
2.2.8.1. Volume Kapal Karam.....	II-37
2.2.8.2. Berat Kapal Karam.....	II-39
2.2.9. Metode Analisa Densitas Kapal Karam.....	II-39

### BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir (Flowchart).....	III-1
3.2. Penjelasan Diagram Alir.....	III-1

## **BAB IV DATA MODELING**

4.1. Data Awal.....	IV-1
4.2. Data Suseptibilitas Kapal Karam.....	IV-3
4.3. Model.....	IV-6
4.3.1. Sudut Potong Pemodelan.....	IV-6
4.3.2. Parameter Pemodelan.....	IV-8
4.3.3. Pembuatan Model.....	IV-9

## **BAB V HASIL PEMBAHASAN MODEL**

5.1. Hasil Pemodelan MAG 2 DC.....	V-1
5.1.1 Hasil Model Anomali Medan Magnet dengan Bearing $0^0$ .....	V-1
5.1.2 Hasil Model Anomali Medan Magnet dengan Bearing $90^0$ .....	V-5
5.1.3. Model Anomali Medan Magnet.....	V-8
5.2. Pembahasan Model .....	V-11
5.2.1. Bearing $0^0$ (Arah survei dari selatan ke utara).....	V-11
5.2.2. Bearing $90^0$ (Arah survei dari barat ke timur).....	V-12

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**





## DAFTAR GAMBAR

بسم الله الرحمن الرحيم

*Sesungguhnya seburuk-buruk binatang melata dalam pandangan Allah ialah orang-orang yang pekak dan tuli, yang tidak mau menggunakan akalinya. (Q.S. Al-Anfal ayat 22).*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Pola lintasan survei geofisika.....	II-5
<b>Gambar 2.2</b> Garis-garis gaya magnet di sekitar batang magnet. A dan B adalah kutub-kutub magnet .....	II-8
<b>Gambar 2.3</b> Induksi magnetik .....	II-11
<b>Gambar 2.4</b> Hyteresis Loop .....	II-12
<b>Gambar 2.5</b> Komponen – komponen magnetik .....	II-21
<b>Gambar 2.6</b> Peta kontur inklinasi di Indonesia .....	II-22
<b>Gambar 2.7</b> Peta kontur deklinasi .....	II-23
<b>Gambar 2.8</b> Bumi sebagai batang magnet raksasa dengan gari-garis gayanga....	II-24
<b>Gambar 2.9</b> Peta kontur intensitas magnet total di Indonesia.....	II-25
<b>Gambar 2.10</b> Kemagnetan benda yang terpendam.....	II-32
<b>Gambar 2.11</b> Medan magnet vertikal dari kutub magnet yang terisolasi.....	II-34
<b>Gambar 2.12</b> Intensitas vertikal dari batang magnet terpendam .....	II-35
<b>Gambar 2.13</b> Anomali magnetik vertikal dari bola dengan kedalaman pusat z.....	II-35
<b>Gambar 2.14</b> Estimasi medan magnet verikal dari silinder vertikal yang terpendam .....	II-36
<b>Gambar 2.15</b> Medan magnet vertikal dari pita vertikal.....	II-37
<b>Gambar 3.1</b> Perintah awal untuk pemodelan .....	III-7
<b>Gambar 3.2</b> Input parameter dalam pemodelan .....	III-8
<b>Gambar 3.3</b> Add a body.....	III-8



<b>Gambar 3.4</b> Input Model .....	III-9
<b>Gambar 3.5</b> <i>Change a corner numerically</i> .....	III-10
<b>Gambar 3.6</b> <i>Body parameter</i> .....	III-10
<b>Gambar 4.1</b> grafik densitas vs suseptibilitas batuan dan mineral.....	IV-4
<b>Gambar 4.2</b> Sudut Potongan Kapal Karam.....	IV-7
<b>Gambar 4.3</b> Bentuk potongan kapal karam untuk setiap sudut.....	IV-7
<b>Gambar 5.1</b> Model anomali medan magnet kapal karam untuk Bearing $0^0$ ....	V-9
<b>Gambar 5.2</b> Grafik model anomali medan magnet kapal karam untuk Bearing $0^0$ .....	V-10
<b>Gambar 5.3</b> Model anomali medan magnet kapal karam untuk Bearing $90^0$ ....	V-10
<b>Gambar 5.4</b> Grafik model anomali medan magnet kapal karam untuk Bearing $90^0$ .....	V-11



## DAFTAR TABEL

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Wahai orang-orang yang beriman, jadilah kamu orang yang benar-benar penegak keadilan, menjadi saksi karena Allah biarpun terhadap dirimu sendiri atau ibu bapa dan kaum kerabatmu. Jika ia kaya atau miskin, maka Allahlah tahu kemaslahatannya. Maka janganlah kamu mengikuti hawa nafsu karena ingin menyimpang dari kebenaran. Dan jika kamu memutar balikkan (kata-kata) atau enggan menjadi saksi, maka sesungguhnya Allah adalah Maha Mengetahui segala apa yang kamu kerjakan (QS. An Nisaa' ayat 135)



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Pengaruh ukuran kapal dengan pengaruh magnetic terhadap Magnometer Tow System .....	II-3
<b>Tabel 2.2.</b> Nilai Suseptibilitas Batuan dan Mineral .....	II-14
<b>Tabel 2.3.</b> Densitas pada batuan dan mineral.....	II-15
<b>Tabel 4.1.</b> Data densitas dan suseptibilitas batuan dan mineral.....	IV-3
<b>Tabel 4.2</b> Panjang Strike Length untuk Setiap Sudut Potongan .....	IV-9
<b>Tabel 5.1</b> Kuat Medan Magnet Kapal Karam untuk Bearing $0^0$ .....	V-9
<b>Tabel 5.2</b> Kuat Medan Magnet Kapal Karam untuk Bearing $90^0$ .....	V-11



## DAFTAR LAMPIRAN

بسم الله الرحمن الرحيم

*Yang mendengarkan perkataan lalu mengikuti apa yang paling baik diantaranya. Mereka itulah orang-orang yang telah diberi Allah petunjuk dan mereka itulah orang-orang yang mempunyai akal. (Q.S. Az-Zumar ayat 18).*



## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran A:** Model tiga Dimensi Kapal KaramVan der Wijck.

**Lampiran B:** Sejarah dan Data Kapal Karam Van der Wijck.

**Lampiran C:** Peta lokasi tenggelamnya kapal Van der Wijck di perairan Lamongan.



## BAB I PENDAHULUAN

بسم الله الرحمن الرحيم

*Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang menciptakan. Dia telah Menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah yang Paling Pemurah. Yang mengajar (manusia) dengan perantaraan kalam, Dia mengajar manusia apa yang tidak diketahuinya (Q.S. Al Alaq ayat 1-5).*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

Cadangan sumber daya alam didarat yang tak terbarui semakin lama jumlahnya semakin menipis dikarenakan eksploitasi sumber daya alam tersebut secara terus menerus. Untuk mengatasi masalah tersebut, manusia mencari cadangan yang sama dari bawah dasar laut. Dewasa ini manusia melakukan eksploitasi terhadap sumber daya alam tersebut dari dasar laut, seperti minyak dan gas bumi, biji besi, emas, intan, pasir, dan juga bangkai kapal karam.

Teknik dan konstruksi struktur besar pada *seabed* serta eksplorasi dan eksploitasi lepas pantai bersama-sama telah mengembangkan industri baru diantaranya industri konstruksi bangunan lepas pantai dan industri perminyakan. Pengetahuan mengenai geologi dan geofisika dari *seabed* serta lapisan-lapisan dibawahnya adalah sangat penting sebagai dasar untuk pengembangan industri tersebut. Karena dalam praktek di lapangan, untuk memecahkan suatu permasalahan biasanya dibutuhkan pengetahuan mengenai beberapa disiplin ilmu.

Untuk mendapatkan interpretasi geologi yang lengkap, umumnya dibutuhkan suatu kombinasi hasil dari semua metoda yang dijadikan satu

agar mendapatkan suatu sintesa geologi yang mudah dipahami. Dari semua itu akan didapatkan *output* utama berupa seri beberapa peta topografi dasar laut. Hasil ini merupakan rangkaian survei yang ditekankan pada *investigasi* lokasi untuk mengetahui keadaan awal *seabed* guna mendukung kegiatan eksplorasi dan eksploitasi.

Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki laut yang luas yang didalamnya terkandung berbagai sumber daya alam, termasuk hidrokarbon, biji-biji logam dan juga adanya material karam seperti kapal karam, dimana jumlah dari kapal karam yang ada di Indonesia cukup banyak kurang lebih 463 ([www.dkp.go.id](http://www.dkp.go.id)).

Saat ini sumber daya alam yang ada di laut telah digali lebih dalam, dan dalam proses pengerjaannya dengan cara mengoptimalkan usaha penyelidikan di dasar laut. Terdapat 60 cekungan sedimen yang telah diidentifikasi dengan luas keseluruhan 2,6 juta km<sup>2</sup>. Dari 60 cekungan tersebut, 40 cekungan berdasar di Laut, 14 cekungan di daerah transisi (darat dan laut) dan hanya 6 cekungan yang terdapat di wilayah daratan (Prasetyo, 2000).

Dari pendapat di atas dan semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan bahan bakar minyak dan gas bumi serta bahan lainnya, maka cadangan hidrokarbon dan mineral lain yang tak dapat diperbarui (*non renewable*) di darat semakin menipis, maka untuk mengatasi masalah tersebut,



kegiatan eksploitasi dan eksplorasi harus dialihkan pada daerah lepas pantai atau di bawah dasar laut.

Usaha eksplorasi dan eksploitasi lepas pantai yang didalamnya memerlukan konstruksi dan instalasi struktur-struktur besar seperti *jacket* dan *jack up platform* pada *sea bed*. Di mana dalam proses instalasi struktur tersebut memerlukan suatu informasi yang lengkap dan jelas tentang topografi dasar laut guna menjamin kelancaran dan keamanan proses instalasi struktur di lepas pantai. Selain itu untuk mengetahui posisi kapal karam yang ada di dasar laut dapat digunakan beberapa metode, diantaranya adalah metode geofisika. Metode geofisika ini meliputi metode gravitasi (gayabarat), metode magnetik, dan metode seismik refleksi (Dobrin, 1981).

Dalam tugas akhir ini analisa akan dilakukan berdasarkan data material pembentuk kapal yaitu steel atau baja. Kemudian membandingkan variasi kuat medan di lapangan dengan medan secara keseluruhan dari bumi. Sehingga dengan perbandingan tersebut anomali (penyimpangan) local dapat terlihat, yang hasilnya dapat diinterpretasikan/diterjemahkan sebagai adanya struktur geologi lokal.

Studi yang dilakukan dalam tugas akhir ini dimaksudkan untuk mengetahui model anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam. Hasil pemodelan anomali medan magnet yang menggambarkan

adanya kapal karam tersebut bisa digunakan sebagai informasi awal dalam menduga adanya suatu benda dalam bawah air.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dianalisa dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana metode *geomagnet* dapat diaplikasikan untuk mendapatkan model anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam.
2. Bagaimana variasi interpretasi model anomali medan magnet terhadap posisi kapal karam.

### **1.3. Tujuan**

1. Mengaplikasikan metode *geomagnet* untuk menentukan model anomali medan magnet akibat adanya kapal karam.
2. Mengetahui variasi interpretasi model anomali medan magnet terhadap posisi kapal karam.

### **1.4. Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah dapat membuat model atau grafik anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam, serta mengetahui variasi interpretasi model anomali medan magnet terhadap posisi kapal karam.



### 1.5. Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam proses analisa dan dapat dicapai suatu tujuan yang diharapkan, maka perlu batasan-batasan sebagai berikut:

1. Data yang dipakai adalah data sintetik kapal karam Van der Wijck.
2. Dimensi umum kapal Van der Wijck yang belum ada, diperoleh berdasarkan data pembanding kapal penumpang sekarang.
3. Volume air laut dalam kapal karam dan massa kapal karam dihitung berdasarkan asumsi pendekatan.
4. Medan magnet perairan pantai Lamongan dianggap homogen (tidak ada benda yang karam selain kapal Van der Wijck).
5. Material pembentuk kapal karam yang diobservasi terbuat dari baja.
6. Potongan penampang yang disurvei hanya diambil memotong tengah kapal karam.
7. Model interpretasi anomali medan magnet kapal karam hanya diambil dengan sudut potong  $0^0$ - $90^0$  tegak lurus memotong melintang kapal karam, karena bentuk penampang potongan kapal dari depan dan belakang hampir sama.
8. Dalam proses interpretasi anomali medan magnet digunakan software MAG 2 DC untuk mendapatkan parameter utama model 2 dimensi dari penampang melintang kontur anomali magnetik total.



## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Katakanlah: Kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula). (Q.S. Al-Kahfi ayat 109).*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka.

Survei geofisika dengan menggunakan metode magnetik pada awalnya dipakai dalam pencarian minyak bumi dan mineral. Pada eksplorasi minyak bumi, metode ini hanya memberikan informasi tentang kedalaman dari *basement rock*, menentukan lokasi dan penyebaran cekungan sedimen, sehingga nantinya akan dapat diperkirakan ketebalan sedimennya. Sedangkan pada eksplorasi mineral logam, metode magnetik dapat langsung digunakan untuk *prospecting*, karena material logam akan memberikan efek magnetik yang jauh lebih kuat daripada batuan sedimen di sekitarnya (Dobrin, 1981).

Metode magnetik dapat digunakan untuk pekerjaan dengan wilayah studi yang lebih luas, misalnya mendeteksi material logam buatan manusia yang berada di bawah air seperti kapal karam. Seperti dijelaskan sebelumnya metode magnetik adalah metode yang memanfaatkan sifat magnetik material untuk membedakan dengan lingkungan sekitarnya, sehingga dari metode magnetik dapat diketahui *suseptibilitas* dari batuan (Sulistiono, 2001).

Dalam praktek dilapangan, untuk pengambilan data dengan peralatan survei magnetik atau peralatan sensor magnetik yang dilakukan di laut umumnya ditempatkan sesuai dengan konfigurasi ukuran kapal, panjang rentang sensor, kecepatan kapal dan kedalaman perairan di daerah yang disurvei. Dalam pengambilan data intensitas magnetik dilapangan atau daerah yang diselidiki, ditentukan lintasan gerak kapal dengan interval yang tetap dan dengan interval titik pengukuran yang sama sehingga dapat meneliti daerah tersebut secara teliti.

Dalam survei *geomagnet*, intensitas medan magnet bumi yang diukur tidak konstan, selalu berubah dari waktu ke waktu. Perubahan tersebut cenderung mulus dan naik turun dalam perioda 24 jam. Amplitudonya dalam order 100 gamma tidak begitu besar, tetapi cukup menyimpang pola medan magnet. Efek tersebut harus diperhitungkan dan dihilangkan medan magnet yang diukur untuk mendapatkan anomali magnet (PPGL, 2000).

Penyelidikan *geomagnet* di lautan kebanyakan menggunakan Proton Magnetometer, dimana dengan menarik sensor di belakang kapal pada jarak cukup jauh untuk menghindari pengaruh magnetik di kapal sejauh 100-300 meter. Survei biasanya dilaksanakan serentak bersama dengan survei seismik atau *gravity* dengan kombinasi dua metode di atas.



**Tabel 2.1** Pengaruh ukuran kapal dengan pengaruh magnetik terhadap *Magmomter Tow System* (PPGL, 2000)

Ship size	Length of Tow Sistem			
	30 m	100 m	150 m	250 m
25 m (200 tons)	200 gammas	6 gammas	1.6 gammas	0.4 gammas
50 m (700 tons)	700 gammas	20 gammas	6 gammas	1.4 gammas
70 m (1700 tons)	1700 gammas	50 gammas	13 gammas	3.0 gammas
90 m (3300 tons)	3300 gammas	80 gammas	25 gammas	6.0 gammas

Peta anomali magnet total umumnya mencerminkan karakteristik batuan dasar bawah permukaan dasar laut yang dicirikan dengan kontur negatif rendah yang diduga sebagai batuan dasar dengan *morfologi* berbentuk cekungan. Kontur anomali tinggi atau positif yang tertutup ditafsirkan sebagai struktur tinggi di dasar laut seperti kapal atau benda yang karam di dalam laut.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Aplikasi Metode Magnetik Untuk Eksplorasi Lepas Pantai

#### 2.2.1.1. Pelaksanaan Survei Magnetik

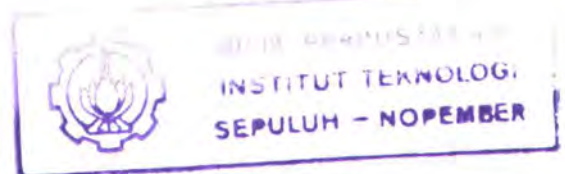
Survei magnetik dapat dilakukan di darat, di laut, ataupun dari udara, tergantung dari kondisi wilayah studi, biaya (modal), serta target dan tujuan yang akan dicapai. Arah lintasan survei umumnya dilakukan dengan lintasan yang lurus tanpa belok-belok dengan menandai posisi awal lintasan sampai akhir lintasan dengan menggunakan bantuan alat *global positioning system* (GPS), contoh pola lintasan seperti gambar 2.1.

##### a. Survei Magnetik di Darat

Umumnya untuk eksplorasi minyak bumi atau bahan tambang lainnya. Pelaksanannya tergolong paling sulit bila dibandingkan dengan di laut atau di udara. Peralatan harus di set up jauh dari benda yang terbuat dari logam. Pada daerah survei tidak boleh terdapat perumahan, power plan dan jembatan pada jarak 125 yd, mobil 30 yd, pagar kawat 35 yd.

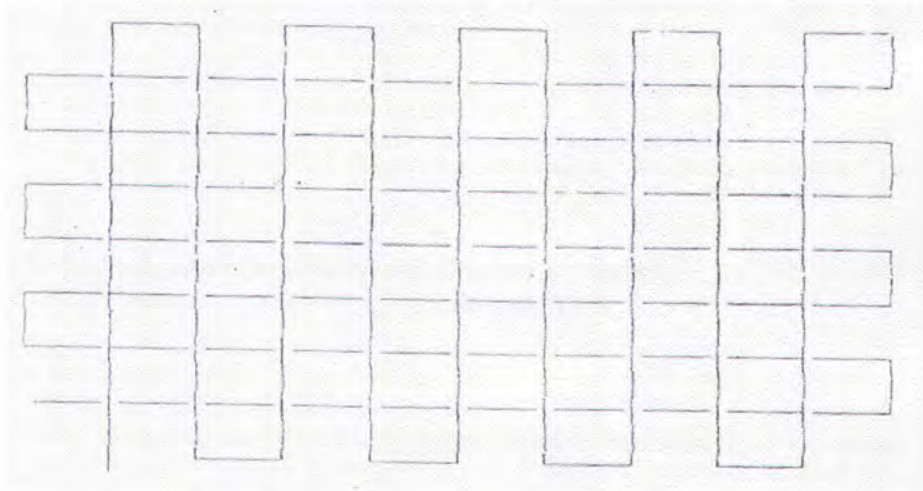
##### b. Survei Magnetik di Laut

Pelaksanaan survei magnetik di laut hampir selalu dilakukan bersamaan dengan survei gravitasi dan seismik, dengan maksud untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Pada survei ini peralatan harus diletakkan sejauh mungkin dari kapal agar tidak terjadi interferensi dari material magnetik di kapal. Peralatan di-install dalam *waterproof casing* dan diletakkan pada jarak 500–1000 ft di belakang kapal. Untuk





mendapatkan hasil maksimum dalam survei, biasanya menggunakan kecepatan kapal 6 knots (PPGL, 2000).



**Gambar 2.1** Pola lintasan survei geofisika (PPGL, 2000)

### c. Survei Magnetik dari Udara

Pelaksanaan survei dari udara sudah dilakukan sejak tahun 1921. Survei ini relatif lebih mudah dan ekonomis, dimana dapat sekaligus dilakukan survei untuk wilayah daratan dan lautan, lebih mudah dikontrol serta dapat memberikan presisi yang lebih baik dari 1 bagian dalam 1000. Peralatan survei ditempatkan pada jarak 80–100 ft di bawah pesawat, dan pesawat tidak dapat terbang lebih rendah dari 350 ft.

#### 2.2.1.2. Tahapan Aplikasi Metode Magnetik untuk Eksplorasi Lepas Pantai.

1. Kapal survei dilengkapi dengan peralatan-peralatan seperti *Fluxgate Magnetometer*, *Proton Precession Magnetometer*, *Optically Pumped Magnetometer*, dan *Instrument Recording*.

2. Dengan menggunakan peralatan tersebut akan diukur secara langsung variasi kemagnetan pada area yang disurvei. Selanjutnya data-data *output* yang dihasilkan harus dikoreksi sebelum diproses dan disajikan dalam bentuk peta anomali medan magnet. Koreksi data tersebut antara lain: koreksi *normal field* dan *elevation*.
3. Setelah data-data *output* dikoreksi, maka data-data tersebut dapat disajikan dengan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif dan selanjutnya dapat diplotkan dalam suatu peta anomali magnetik.
4. Berdasarkan anomali megnetik yang terjadi dapat dibuat suatu interpretasi sehingga nantinya dapat diketahui dan dihitung kedalaman dari *basement rock*, dapat ditentukan lokasi dan penyebaran cekungan sedimen atau benda karam serta dapat dihitung pula ketebalan dari sedimen.

### 2.2.2. Prinsip-Prinsip Magnetik

Magnet merupakan suatu benda atau massa dari material besi ataupun material lain yang mempunyai kekuatan untuk menarik atau menolak benda atau massa lain yang sejenis (Dobrin, 1981).

Keberadaan bumi sebagai benda magnetic sudah lama diketahui. Apabila bumi berbentuk bundar pepat dan homogen, maka tidak banyak masalah yang akan timbul. Garis-garis gaya magnet secara homogen akan melintas dari kutub utara ke kutub selatan yang berlawanan secara ideal sebagai bola magnet biasa (Telford, 1990).

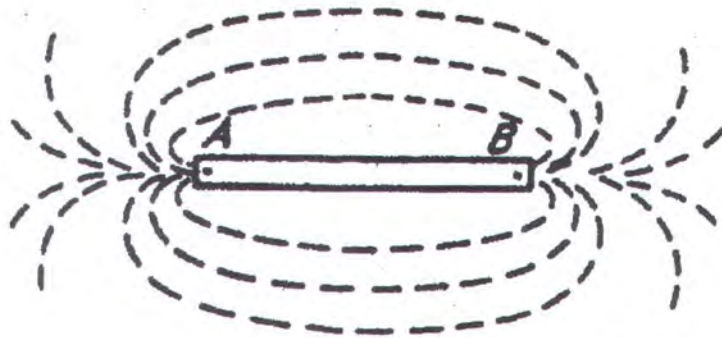


Pada kenyataannya bumi tidaklah bundar dan juga tidak homogen, salah satu penyebab ketidakhomogenan bumi adalah perbedaan sifat material bahan penyusunnya. Bentuk bumi yang tidak bundar karena terjadi pemipihan di kedua kutubnya, serta bahan penyusunnya tidak homogen akan mengakibatkan pola-pola tertentu serta perubahan pada garis gaya magnet, dan penyimpangan seperti itu biasa disebut anomali geomagnet.

Anomali magnetik disebabkan oleh 2 hal yaitu magnetisasi remanen dan magnetisasi induksi. Magnetisasi remanen adalah magnetisasi batuan atau bahan yang sesuai dengan sifat yang terkandung dalam batuan atau bahan itu sendiri, sedangkan magnetisasi induksi disebabkan oleh medan utama bumi (Pranowo, 1997).

#### **2.2.2.1. Kutub-Kutub Magnet.**

Bila serbuk besi ditaburkan secara random pada selembar kertas yang diletakkan pada sebatang magnet, selanjutnya terlihat bahwa dengan sendirinya akan terbentuk suatu garis atau kurva yang menghubungkan ujung magnet yang satu dengan ujung yang lainnya. Garis-garis yang terbentuk tersebut selanjutnya akan disebut sebagai garis gaya, sedangkan titik di dekat ujung batang magnet tempat munculnya garis gaya disebut kutub magnet (Dobrin, 1981).



**Gambar 2.2** Garis-garis gaya magnet di sekitar batang magnet, A dan B adalah kutub-kutub magnet (Dobrin, 1981)

#### 2.2.2.2. Gaya Magnet (*Magnetic Force*)

Bila ada dua kutub magnet yang mempunyai kekuatan  $P_0$  dan  $P$  dipisahkan pada jarak  $r$ , maka diantara dua buah kutub tersebut akan terjadi gaya tarik-menarik atau tolak-menolak yang besarnya adalah sebagai berikut :

$$F = \frac{1 \cdot P_0 \cdot P}{\mu \cdot r^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Yang mana  $\mu$  merupakan permeabilitas, yang tergantung pada sifat-sifat magnetik medium yang dilaluinya. (untuk udara atau ruang hampa  $\mu = 1$ ).

#### 2.2.2.3. Medan Magnet

Kuat medan magnet atau medan magnet adalah bidang yang dilalui oleh dua kutub magnet dengan jarak tertentu. Besar nilai dari kuat medan magnet ( $H$ ) pada suatu titik yang disebabkan oleh kekuatan kutub  $P$  dengan jarak  $r$  adalah:



$$H = \frac{F}{P \circ} = \frac{P}{\mu \cdot r^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

#### 2.2.2.4. Momen Magnetik

Kutub magnet selalu berpasangan dan merupakan pasangan kutub yang mendasar, jika kutub – kutub tersebut terpisah sejauh  $l$ , maka persamaan momen magnetik adalah:

$$\begin{aligned} M &= m_l \cdot l \cdot r_l \\ &= \mu \cdot r_l \dots\dots\dots(2.3) \end{aligned}$$

dimana  $M$  adalah momen magnetik, dimana  $l$  adalah jarak antar kutub.

#### 2.2.2.5. Intensitas Magnetisasi

Kuat kutub magnet yang terinduksi per satuan luas sepanjang bidang normal terhadap bidang yang terinduksi disebut sebagai intensitas magnet ( $I$ ), yang besarnya adalah:

$$I = k \cdot H \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana  $k$  adalah suseptibilitas, yaitu konstanta yang besar nilainya tergantung pada sifat kemagnetan material (Wahyudi, 1997). Nilai  $k = 0$  untuk ruang hampa.

Bila medan magnet yang terjadi membentuk sudut  $\theta$  terhadap bidang normal dari permukaan material yang terinduksi, maka nilai  $I$  bias didapatkan melalui persamaan:

$$I = k H \cos \theta \dots\dots\dots(2.5)$$

#### 2.2.2.6. Satuan Intensitas Magnetik

Para peneliti bidang magnetik umumnya mengukur intensitas atau beberapa komponen dari intensitas medan magnet bumi dalam kegiatan *magnetic prospecting*. Satuan konvensional yang digunakan untuk intensitas magnetik adalah oersted (Oe). Tetapi dalam pelaksanaan di lapangan satuan tersebut terlalu besar. Hal ini disebabkan karena variasi dari intensitas di lapangan yang sering kurang dari 1/1000 dari satuan tersebut. Untuk mengatasinya, maka digunakan gamma yang besarnya =  $10^{-5}$  Oe. Jumlah total medan magnet bumi adalah  $\frac{1}{2}$  Oe atau 50.000 gamma. Gamma ekuivalen dengan nanotesla (nT) dalam sistem mks.

#### 2.2.2.7. Induksi Magnet

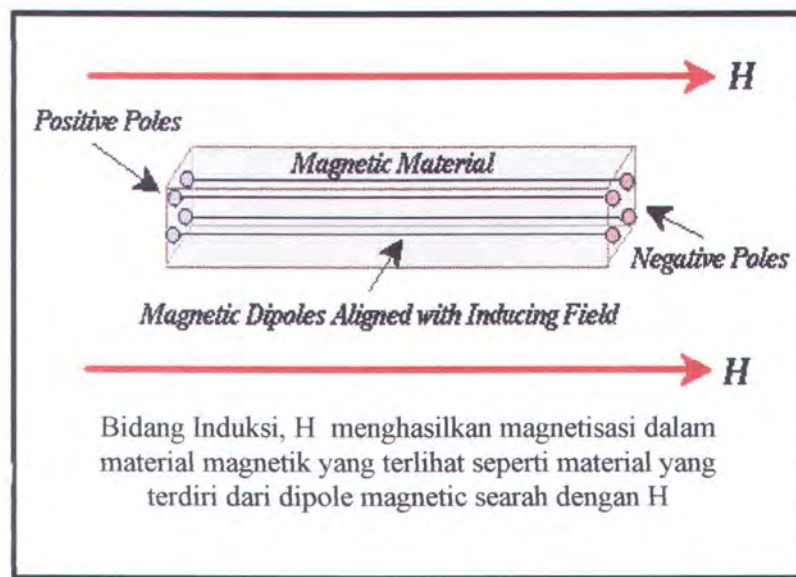
Kutub-kutub magnetik yang terinduksi pada suatu material oleh medan magnet luar yang disebut  $H$ , maka akan menghasilkan medan magnetnya sendiri yaitu  $H'$  yang tergantung oleh intensitas magnetisasinya ( $I$ ).

Dimana besarnya  $H'$ :



$$H' = 4\pi I \dots\dots\dots (2.6)$$

Bidang induksi magnetik pada kenyataannya (dimana diantaranya dihasilkan oleh material magnetik) akan terlihat seperti terbuat dari serangkaian dipole-dipole magnetik yang terletak diantara material magnetik dan berorientasi paralel pada arah bidang induksi  $H$ .

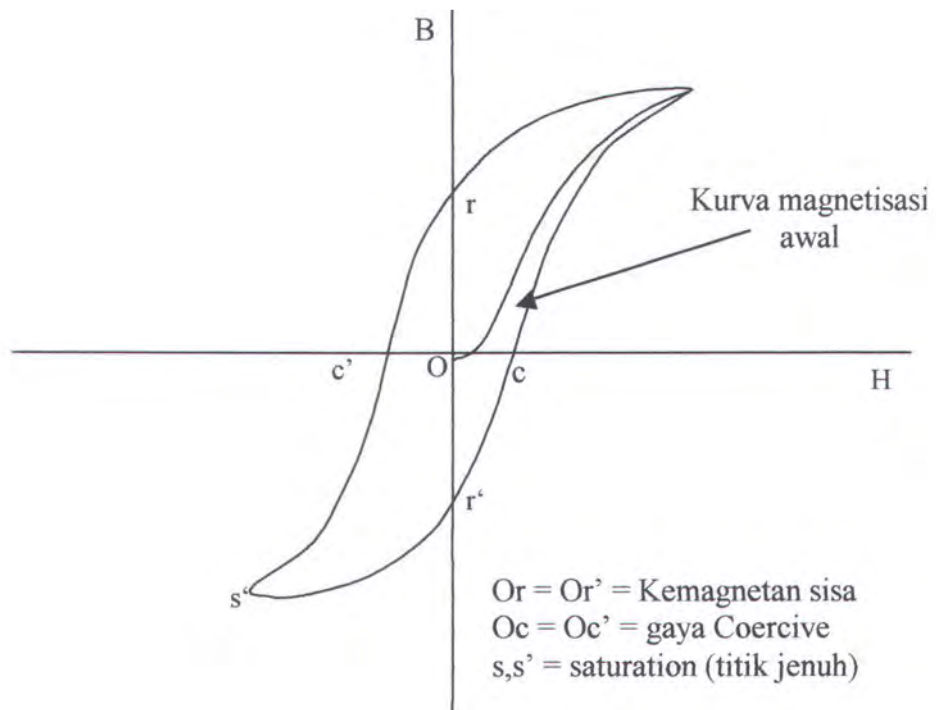


**Gambar 2.3** Induksi Magnetik (Sharma, 1997)

#### 2.2.2.8. Hubungan Induksi Magnet dan Kuat Medan (Hysteresis Loop)

Penjelasan dari kemagnetan bahan dapat dilihat melalui diagram antara Kuat Medan ( $H$ ) dan Induksi Magnet ( $B$ ). Disini nilai Kuat Medan ( $H$ ) semakin besar, maka nilai Induksi Magnetisasi ( $B$ ) akan turut naik sampai terjadi kejenuhan. Apabila nilai  $H$  turun, maka nilai  $B$  juga ikut menurun tetapi tidak melalui kurva pertama, sehingga saat  $H$  pada titik nol tetapi  $B$  masih positif (tidak berada di titik nol) ini disebut kemagnetan sisa

(*residual magnetism*). Untuk membuat nilai  $B=0$ , maka dibutuhkan nilai  $H$  yang negatif sebesar yang disebut *coersive force*. Sebaliknya juga akan terjadi demikian yaitu jika  $H$  dibuat dibawah nol atau negatif, maka nilai  $B$  juga semakin negatif sampai akhirnya akan terjadi kejenuhan.



**Gambar 2.4** Hysteresis Loop (Telford, 1990)

Dari kurva di atas dapat dijelaskan yaitu sumbu  $B$  yang terpotong oleh kurva menunjukkan jumlah sisa polarisasi induksi megnetik ketika medan magnet ditiadakan. Sumbu  $H$  menunjukkan besar pembalikan medan magnet yang dibutuhkan untuk menghilangkan induksi magnetik.



### 2.2.3. Suseptibilitas Magnetik

#### 2.2.3.1. Suseptibilitas dan Densitas Batuan dan Mineral

Suseptibilitas ( $k$ ) merupakan salah satu sifat magnetik yang paling penting dari batuan dan mineral, dimana untuk mendapatkan nilai suseptibilitas dapat diukur di laboratorium ataupun langsung di ukur dilapangan. Karena suseptibilitas magnetik dapat menunjukkan kemampuan suatu benda untuk termagnetisasi oleh medan magnet. Dalam pengukurannya, suseptibilitas dikenakan pada daerah singkapan (outcrop) atau terhadap sample. Rumus untuk mendapatkan nilai  $k$  adalah:

$$K = \frac{I}{H} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dari rumus diatas dapat dijelaskan bahwa nilai magnetik batuan dan mineral ditentukan oleh jumlah atau banyaknya dari material magnetik yang dikandungnya. Harga  $k$  atau suseptibilitas akan bernilai semakin besar jika jumlah mineral magnetik yang dikandung material semakin besar atau tinggi. Nilai suseptibilitas dari mineral ataupun batuan dapat diukur dilaboratorium maupun dapat dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan.

Tabel 2.2 Nilai Suseptibilitas Batuan dan Mineral (Telford, 1990)

Type	Suseptibilitas x 10 <sup>3</sup> (SI)	
	Range	Average
<b>Sedimentary</b>		
Dolomite	0-0.9	0.1
Limestone	0-3	0.3
Sandstone	0-20	0.4
Shales	0.01-15	0.6
Av. 48 sedimentary	0-18	0.9
<b>Metamorphic</b>		
Amphibolite		0.7
Schist	0.3-3	1.4
Phyllite		1.5
Gneiss	0.1-25	
Quartzite		4
Serpentine	3-17	
Slate	0-35	6
Av. 61 metamorphic	0-70	4.2
<b>Igneous</b>		
Granite	0-50	2.5
Rhyolite	0.2-35	
Diorite	1-35	17
Augite-syenite	30-40	
Olivine-diabase		25
Diabase	1-160	55
Porphyry	0.3-200	60
Gabbro	1-90	70
Basalts	0.2-175	70
Diorite	0.6-120	85
Pyroxenite		125
Peridotite	90-200	150
Andesite		160
Av. Acidic igneous	0-80	8
Av. Basic igneous	0.5-97	25
<b>Minerals</b>		
Graphite		0.1
Quartz		-0.01
Rock salt		-0.01
Anhydrite, gypsum		-0.01
Calcite	-0.001- -0.01	
Coal		0.02
Clays		0.2
Chalcopyrite		0.4
Sphalerite		0.7
Cassiterite		0.9
Sideterite	1-4	
Pyrite	0.05-5	1.5
Limonite		2.5
Arsenopyrite		3
Hematite	0.5-35	6.5
Chromite	3-110	7
Franklinite		430
Pyrrhotite	1-6000	1500
Ilmenite	300-3500	1800
Magnetite	1200-19200	6000



Tabel 2.3 Densitas pada batuan dan mineral (Telford, 1990)

Rock Type	Range (g/cm <sup>3</sup> )	Average (g/cm <sup>3</sup> )	Mineral	Range (g/cm <sup>3</sup> )	Average (g/cm <sup>3</sup> )
<i>Sediment(wet)</i>			Hematite	4.9-5.3	5.18
Overbunden		1.92	Cuprite	5.7-6.15	5.92
Soil	1.2-2.4	1.92	Cassiterite	6.8-7.1	6.92
Clays	1.63-2.6	2.21	Wolframite	7.1-7.5	7.32
Gravel	1.7-2.4	2.0	Sulfides,arsenides		
Sand	1.7-2.3	2.0	Sphalerite	3.5-4.0	3.75
Sandstone	1.61-2.76	2.35	Malachite	3.9-4.03	4.0
Shale	1.77-3.2	2.4	Chalcopryrite	4.1-4.3	4.2
Limestone	1.93-2.9	2.55	Stannite	4.3-4.52	4.4
Dolomite	2.28-2.9	2.70	Stibnite	4.5-4.6	4.6
Sedimetry Rock (Av)		2.50	Pyrrhotite	4.5-4.8	4.65
<i>Igneous Rock</i>			Molybdenite	4.4-4.8	4.7
Rhyolite	2.35-2.7	2.52	Marcasite	4.7-4.9	4.8/5
Andesite	2.4-2.8	2.61	Pyrite	4.9-5.2	5.0
Granite	2.5-2.81	2.64	Bornite	4.9-5.4	5.1
Granodiorite	2.67-2.79	2.73	Chalcocite	5.5-5.8	5.65
Porphyry	2.6-2.89	2.74	Cobaltite	5.8-6.3	6.1
Quartz diorite	2.62-2.96	2.79	Arsenophyrite	5.9-6.2	6.1
Diorite	2.72-2.99	2.85	Bismuththinite	6.5-6.7	6.57
Lavas	2.8-3.00	2.90	Galena	7.4-7.6	7.5
Diabase	2.5-3.20	2.91	Cinnabar	8.0-8.2	8/1
Basalt	2.70-3.30	2.99	<i>Nonmetallic mineral</i>		
Gabbro	2.70-3.50	3.03	Petroleum	0.6-0.9	-
Peridotite	2.78-3.37	3.15	Ice	0.88-0.92	-
Acid igneous	2.30-3.11	2.61	Sea water	1.01-1.05	-
Basic igneous	2.09-3.17	2.79	Lignite	1.1-1.25	1.19
<i>Metamorphic Rock</i>			Coal, soft	1.2-1.5	1.32
Quartzite	2.5-2.70	2.60	Antracite	1.34-1.8	1.50
Schists	2.39-2.9	2.64	Chalk	1.53-2.6	2.01
Graywacke	2.6-2.7	2.65	Graphite	1.9-2.3	2.15
Marble	2.6-2.9	2.75	Rock Salt	2.1-2.6	2.22
Serpentine	2.4-3.10	2.78	Gypsum	2.2-2.6	2.35
Slate	2.7-2.9	2.79	Kaolinite	2.2-2.63	2.53
Gneiss	2.59-3.0	2.80	Orthoclase	2.5-2.6	-
Amphibolite	2.90-3.04	2.96	Quartz	2.5-2.7	2.65
Eclogite	3.2-3.54	3.37	Cacite	2.6-2.7	-
Metamorphie	2.4-3.1	2.74	Anhydrite	2.29-3.0	2.93
<i>Metallic mineral</i>			Biotite	2.7-3.2	2.92
Oxides,carbonates	2.3-2.55		Magneside	2.9-3.12	3.03
Bauxite	3.5-4.0	2.45	Fluorite	3.01-3.25	3.14
Limonite	3.7-3.9	3.78	Barite	4.3-4.7	4.47
Siderite	4.18-4.3	3.83			
Rutile	4.2-4.4	4.25			
Megenite	4.3-4.6	4.32			
Chromite	4.3-5.0	4.36			
Ilmenite	4.7-5.0	4.67			
Pyrolusite	4.9-5.2	4.82			
Magnetite	5.0-5.22	5.12			
Franklimite	4.9-5.3	5.12			

### 2.2.3.2. Suseptibilitas Logam

#### 1. Paramagnetisme

Material logam ini merupakan bahan yang memiliki suseptibilitas magnetik  $\chi_m$  yang positif, dan sangat kecil. Paramagnetisme muncul dalam bahan yang atom-atomnya memiliki momen magnetik permanent

yang berinteraksi satu sama lain secara sangat lemah. Apabila tidak terdapat medan magnetik luar, momen magnetik ini akan berorientasi acak. Dengan adanya medan magnetik luar, momen magnetik ini cenderung menyearah sejajar dengan medannya, tetapi ini dilawan oleh kecenderungan momen untuk berorientasi acak akibat gerakan termalnya. Perbandingan momen yang menyearah dengan medan ini bergantung pada kekuatan medan dan pada temperaturnya. Pada medan magnetik luar yang kuat pada temperature yang sangat rendah, hampir seluruh momen akan disearahkan dengan medannya.

## 2. Feromagnetisme

Material feromagnetisme merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik  $\chi_m$  positif, yang sangat tinggi. Pada dasarnya feromagnetisme muncul pada besi murni, kobalt, dan nikel serta paduan dari logam-logam ini. Sifat ini juga dimiliki oleh gadolinium, dysprosium, dan beberapa senyawa lain. Dalam bahan-bahan ini sejumlah kecil medan magnetik luar dapat menyebabkan derajat penyerahan yang tinggi pada momen dipole (2 kutub) magnetik atomnya. Dalam beberapa kasus, penyerahan ini dapat bertahan sekalipun medan magnetiknya telah hilang. Ini terjadi karena momen dipole magnetik atom dari bahan-bahan ini mengerahkan gaya-gaya yang kuat pada atom tetangganya sehingga dalam daerah ruang yang sempit momen ini disearahkan satu sama lain sekalipun medan luarnya tidak ada lagi. Daerah ruang tempat momen dipole magnetik disearahkan ini disebut daerah magnetik. Ukuran suatu



ranah biasanya bersifat mikroskopik. Dalam daerah ini, semua momen magnetik disearahkan, tetapi arah penyearahannya beragam dari daerah ke daerah sehingga momen magnetik total dari kepingan mikroskopis bahan feromagnetik ini adalah nol dalam keadaan normal.

### 3. Diamagnetik

Material diamegnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas  $\chi_m$  negative dan sangat kecil. Sifat diamegnetik ditemukan oleh Faraday pada tahun 1846 ketika ia mengetahui bahwa sekeping bismuth ditolak oleh kedua kutub magnet, yang memperlihatkan bahwa medan luar dari magnet tersebut menginduksikan suatu momen magnetic pada bismuth dalam arah yang berlawanan dengan medan tersebut.

Atom dengan struktur elektron kulit tertutup memiliki momentum sudut total sama dengan nol dan dengan demikian tidak ada momen magnetic permanent totalnya. Bahan – bahan yang memiliki atom yang demikian misalnya bismuth yang merupakan bahan diamegnetik. Sebagaimana yang akan kita lihat kemudian, momen magnetic induksi yang menyebabkan diamagnetisme memiliki besar orde  $10^{-5}$  magneton Bohr. Karena nilai ini jauh lebih rendah dari pada momen magnetic permanent atom–atom bahan paramagnetic dan ferromagnetic, yang tidak memiliki struktur kulit tertutup, pengaruh diamegnetik pada atom–atom ditutupi oleh penyearahan momen magnetic permanent. Akan tetapi karena

penyebarisan ini menurun terhadap temperature, semua bahan secara teoritis bersifat diamagnetic pada temperature yang cukup tinggi.

#### 2.2.4. Anomali Medan Magnet

Anomali medan magnet adalah suatu perubahan atau perbedaan nilai antara medan magnet dari suatu pengamatan dengan nilai medan magnet teoritis atau nilai magnetis prediksi. Anomali tersebut menunjukkan adanya penyimpangan medan magnet yang ada pada suatu daerah tertentu.

Nilai anomali dapat diperoleh dengan cara melakukan kegiatan survei.

Anomali magnetik dibagi menjadi dua macam, Telford (1990) yaitu:

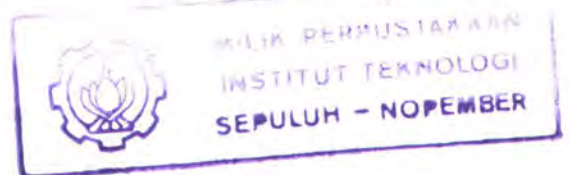
##### 1. Anomali positif

Yaitu anomali yang momen magnetiknya tidak sama dengan nol jika magnet luar adalah nol, sehingga nilai suseptibilitasnya adalah positif.

Unsur yang mengandung anomali ini disebut sebagai paramagnetik, misalnya besi, nikel, kobal, dan sebagainya.

##### 2. Anomali negatif

Yaitu anomali batuan yang pengaruh medannya berlawanan dengan medan dari luar, sehingga suseptibilitasnya bernilai negatif. Unsur yang mengandung anomali seperti ini disebut sebagai unsur diamagnetik, misalnya minyak bumi.



Anomali medan magnet secara sederhana merupakan hasil pengurangan antara medan magnet total (hasil koreksi sementara) dengan magnet dari data {Sharma, 1997}.



$$\Delta T = F_{\text{obs}} - F_R \dots\dots\dots(2.8.)$$

dimana :

$\Delta T$  = Medan magnet total dari anomali geomagnet

$F_{\text{obs}}$  = Medan magnet total dari observasi

$F_R$  = Medan magnet dari data yang selalu direvisi setiap lima tahun.

Peta anomali magnetik biasanya mencerminkan karakteristik struktur yang terletak di bawah dasar laut yang dicirikan dengan kontur atau suatu grafik. Apabila nilai anomali adalah negatif atau rendah, maka diduga berbentuk cekungan. Sedangkan jika kontur anomali bernilai positif, maka anomali tersebut umumnya ditafsirkan sebagai struktur tinggi atau menonjol di dasar laut seperti material karam di dasar laut.

Dalam hal ini maka struktur yang terkandung di dalam perut bumi, baik material maupun batuan dapat dipastikan mendapat pengaruh medan magnet dari bumi. Sehingga besar dan arah polarisasi sering ditentukan oleh medan magnet bumi pada saat ini. Ketika medan magnet bumi mengalami perubahan, magnetisasi yang terjadi juga akan ikut berubah. Tetapi ada juga material yang tetap menyimpan magnetisasinya yang diterima dari bumi, sehingga akan menunjukkan magnetisasi yang tidak sama dengan medan magnet bumi pada saat ini.

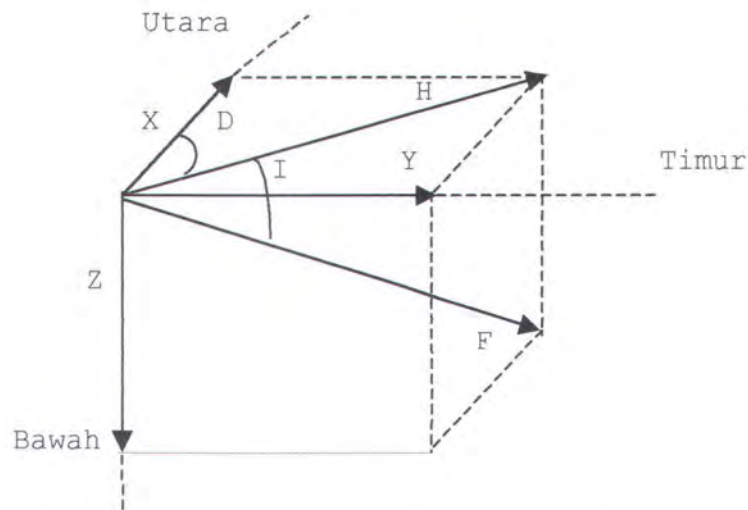
### **2.2.5. Kemagnetan pada Bumi.**

Kemagnetan suatu benda pada bumi umumnya dipengaruhi oleh letak geografis benda tersebut di bumi. Bumi mempunyai kutub magnetik yang besar dengan kutub magnetik Utara dan Selatan yang terletak kira-kira pada  $75^{\circ}$  LU,  $101^{\circ}$  BB, dan  $67^{\circ}$  LS,  $143^{\circ}$  BT. Pusat dua kutub ini bergeser kira-kira 1200 km dari pusat geometris bumi dan sumbunya miring  $18^{\circ}$  terhadap diameter kutub-kutub bumi.

#### **2.2.5. 1. Komponen Magnet dan Sifat-Sifatnya.**

Pada setiap titik di permukaan bumi, jarum magnet bergerak bebas ke suatu arah dengan poros di pusatnya, dan arah jarum magnet tersebut adalah merupakan arah dari medan magnet bumi  $F$  pada titik tersebut. Arah ini akan membentuk sudut dengan vertikal, serta proyeksi horisontalnya akan membentuk sudut dengan arah Utara-Selatan. Sudut yang dibentuk oleh  $F$  dengan komponen horizontal  $H$  adalah inklinasi ( $I$ ), sedangkan sudut yang dibentuk oleh  $H$  dengan  $X$  adalah deklinasi ( $D$ ). Berdasarkan peta kontur inklinasi di Indonesia (Gambar 2.7) dan peta kontur deklinasi di Indonesia (Gambar 2.8) maka inklinasinya sebesar  $-32$  dan deklinasinya sebesar  $0.4$  untuk kawasan daerah perairan pantai lamongan dimana kapal karam Van der Wijck karam (20 km dari pantai ).





**Gambar 2.5** Komponen-komponen magnetik (Telford, 1990)

Di sebelah bumi utara, jarum magnet akan menunjukkan kearah bawah, sedangkan di belahan bumi selatan jarum magnet akan menunjuk kearah atas. Sedangkan bila berada di antaranya jarum magnet akan horizontal, ini berarti inklinasi adalah nol. Garis yang menghubungkan semua titik yang mengelilingi bumi dengan inklinasi nol, disebut sebagai *magnetic equator*. Ekuator magnet bumi tidak tepat berimpit dengan ekuator geografis, tetapi tidak teratur dan tidak jelas. Bila berjalan kearah utara atau selatan, maka jarum kompas akan berdiri tegak jika telah mencapai kutub magnet utara atau selatan bumi.

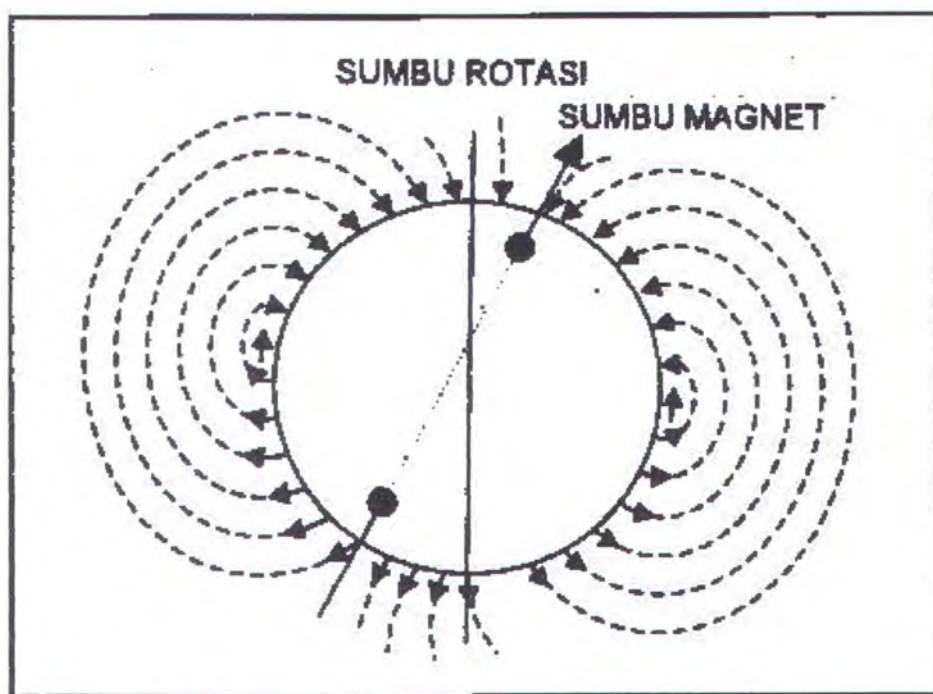






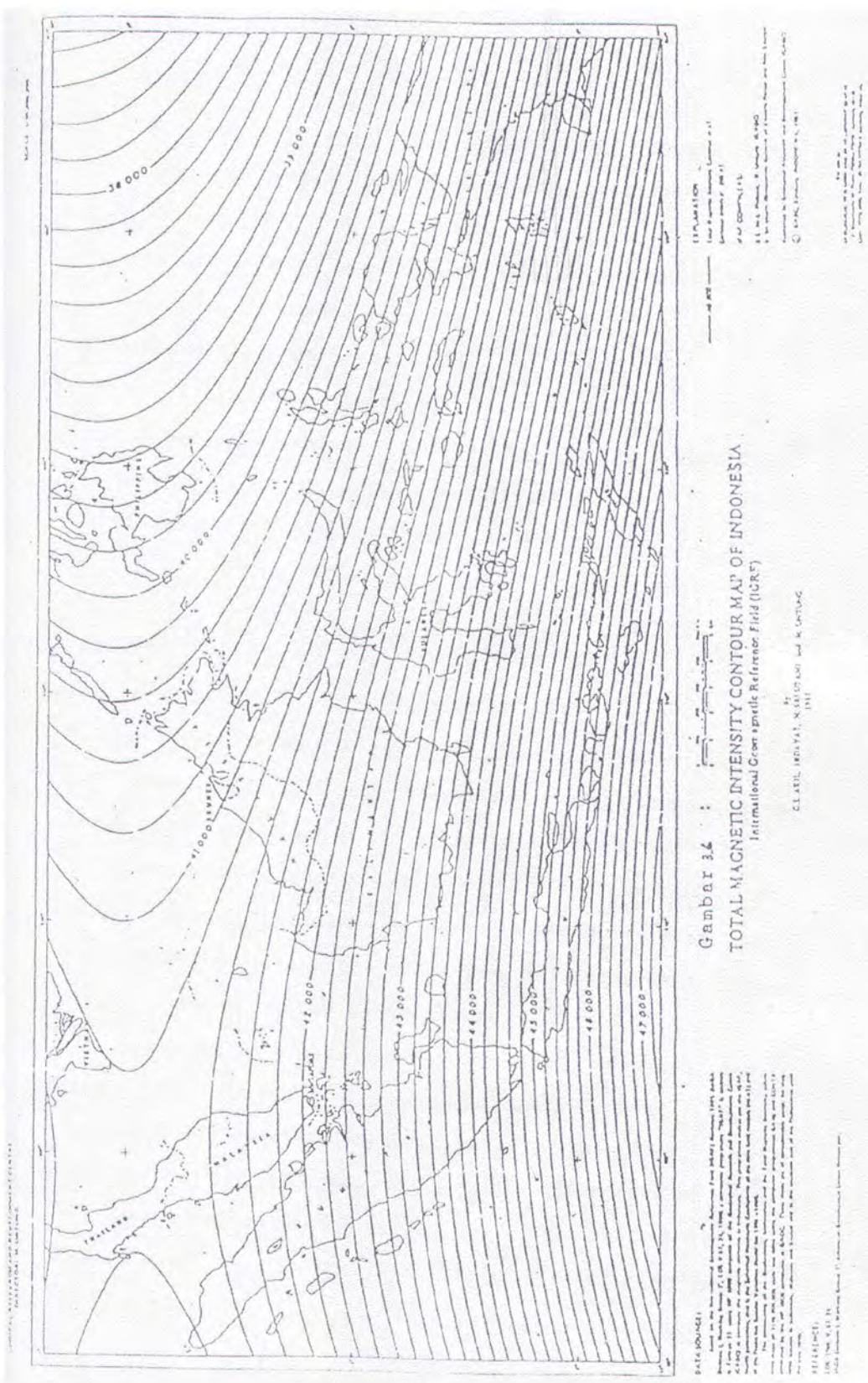
### 2.2.5.2. Medan Magnet Bumi.

Bumi merupakan sebuah benda magnet raksasa (Gambar 2.8), letak kutub utara dan selatan bumi tidak berhimpit dengan kutub geografis. Pengaruh kutub utara dan selatan bumi dipisahkan oleh khatulistiwa magnet. Intensitas magnet akan bernilai maksimum di kutub dan minimum di khatulistiwa. Dari situ dapat dikatakan bahwa semakin berbeda lintang dimana benda berada, maka semakin beda nilai medan magnet yang dialami oleh benda tersebut. Tetapi dengan berbedanya letak bujur suatu benda, maka perubahan medan magnet bumi yang berpengaruh terhadap benda tersebut tidak begitu besar. Kuat medan magnet pada kutub sekitar 65000 nT dan 30000 nT. Berdasarkan (Gambar 2.9), intensitas medan magnet di perairan Lamongan (20 km dari pantai ) sebesar 44800 nT.



**Gambar. 2.8** Bumi sebagai batang magnet raksasa dengan garis-garis gayanya (Santoso, D., 2002)





**Gambar 2.9** Peta kontur intensitas magnet total di Indonesia (PPGL, 2000)

Dari studi dibidang magnetik dapat disimpulkan bahwa medan geomagnetik terdiri dari tiga bagian (*Telford, 1990*) yaitu :

- Medan Utama ini adalah komponen terbesar dari medan magnet dan dipercaya disebabkan oleh arus listrik dalam fluida diluar inti bumi, yang memiliki sifat bervariasi relative lambat terhadap waktu. Untuk pekerjaan eksplorasi, medan ini berlaku sebagai medan induksi magnetik.
- Medan Magnet Luar (*External Field*) ini relative lebih kecil dari medan magnetik yang diobservasi yang disebabkan dari sumber magnetic eksternal ke bumi. Medan ini dipercaya dihasilkan oleh interaksi dari ionosfer bumi dengan angin matahari/pemancaran matahari, misalnya aktivitas sunspot, variasi harian matahari dan bulan, badai magnetic. Sebab itu, variasi temporal/sementara dihubungkan dengan medan magnetic eksternal yang berhubungan dengan aktifitas matahari. Variasi terhadap waktu sangat cepat.
- Medan Crustal (Variasi dari medan utama) merupakan bagian dari medan magnetic dihubungkan dengan kemagnetan dari batuan kerak/crustal rock. Bagian dari medan ini mengandung kemagnetan disebabkan induksi dari medan utama magnet bumi dan dari magnetisasi remanen (*anomaly local magnetic*, kemagnetan batuan dan mineral) di dekat permukaan. Variasi terhadap waktu relative konstan.



### 2.2.6. Kemagnetan Pada Batuan

Batuan yang bermagnet hampir selalu mendapatkannya dari medan magnet bumi. Sehingga polarisasi, besar dan arahnya sering ditentukan seluruhnya oleh medan magnet bumi pada saat ini. Ketika medan magnet bumi berubah, magnetisasi yang terjadi juga akan turut berubah mengikutinya. Akan tetapi ada juga batuan yang tetap menyimpan magnetisasi yang diterimanya dari bumi, sehingga menunjukkan magnetisasi yang tidak sama dengan medan magnet bumi pada saat ini. Karena batuan tersebut menunjukkan medan magnet bumi pada saat batuan tersebut terbentuk.

Misalnya batuan tersebut batuan beku, maka akan menunjukkan medan magnet bumi pada saat batuan tersebut membeku atau mendingin. Apabila batuan sedimen, maka akan menunjukkan medan magnet bumi pada saat batuan tersebut terendapkan. Dengan adanya magnetisasi yang tertinggal pada batuan atau *remanent magnetism*, memungkinkan para ahli untuk mempelajari perubahan medan magnet bumi sepanjang masa.

Berdasarkan sifat kemagnetannya, batuan dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok, yaitu :

#### 1. *Diamagnetik*

Suatu material dikelompokkan dalam diamagnetik jika mempunyai harga suseptibilitas magnetik negatif, sehingga intensitas magnetisasi

yang diimbasi ( $I$ ) dalam zat oleh medan magnet ( $H$ ) adalah berlawanan arah.

## 2. *Paramagnetik*

Suatu material dikelompokkan dalam paramagnetik jika mempunyai harga suseptibilitas magnetik positif. Dalam material semacam ini, momen magnetik tidak sama dengan nol di dalam medan magnet luar yang sama dengan nol. Secara umum material tidak diamagnetik adalah paramagnetik.

## 3. *Ferromagnetik*

Unsur-unsur seperti besi, kobalt, dan nikel adalah material paramagnetik, dimana interaksi magnetik antara atom-atomnya begitu kuat sehingga menimbulkan pemusatan momen yang mencakup bagian yang luas.

Ferromagnetisme ini bergantung pada suhu, dimana akan berkurang dengan turunnya suhu serta hilang pada suhu Curie. Ferromagnetisme dibagi menjadi dua, yaitu :

### ✧ *Ferrimagnetisme*

Material yang mempunyai harga suseptibilitas besar dan tergantung pada temperatur. Contoh : magnetite, titanomagnetite, ilmenite, oksida besi atau besi dan titanium. Secara praktis semua mineral magnetik adalah ferrimagnetik.



❖ *Antiferromagnetisme*

Material yang mempunyai harga suseptibilitas seperti benda paramagnetik, tetapi harganya akan naik dengan adanya kenaikan temperatur hingga nilai temperatur tertentu dan kemudian turun.

#### 2.2.6.1. Magnetisasi Residual

Magnetisasi batuan yang terukur di permukaan merupakan magnetisasi total dari penjumlahan magnetisasi batuan itu sendiri dengan induksi dari medan magnet utama dan induksi dari medan luar (*eksternal field*).

Untuk mendapatkan medan magnet dari batuan itu sendiri, maka nilai medan magnet yang terukur di permukaan harus dikoreksi dari pengaruh induksi medan magnet di sekelilingnya, dan medan magnet hasil dari koreksi disebut magnetisasi residual.

Pembentukan sifat magnetisasi batuan disebut dengan magnetisasi normal remanen (NRM) yang disebabkan oleh beberapa kejadian sebagai berikut :

a. *Magnetisasi Remanen secara Kimia (CRM)*

Terjadi pada saat perubahan butir magnetik atau perubahan dari suatu bentuk lain sebagai hasil dari proses kimiawi pada temperatur hampir konstan di bawah titik Currie. Proses magnetisasi seperti ini sering terjadi pada magnetisasi batuan sedimen metamorf.

b. *Magnetisasi Detrial (DRM)*

Terjadi secara perlahan selama peristiwa pengendapan butir-butir partikel yang berada di bawah pengaruh medan magnet.

c. *Magnetisasi Remanen Isotermal (IRM)*

Magnetisasi sisa setelah hilangnya medan luar (kurva histeriles). Medan magnet utama bumi tidak cukup kuat untuk menghasilkan IRM kecuali oleh sambaran kilat pada daerah yang kecil.

d. *Magnetisasi Termo Remanen (TRM)*

Tercipta selama pendinginan material magnetik dari titik Currie dan di bawah pengaruh medan luar. Umumnya dapat menghasilkan medan magnet yang berlawanan dengan medan luar. Mekanisme ini adalah proses magnetisasi utama pada batuan beku.

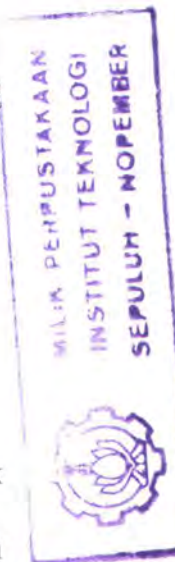
e. *Magnetisasi Remanen Viskos (VRM)*

Selalu terbuka terhadap medan luar dan penambahan magnetiknya merupakan fungsi waktu secara logaritma.

### 2.2.7. Pengaruh Magnetik dari Massa/Bodi Magnetik yang Terpendam.

#### 2.2.7.1. umum.

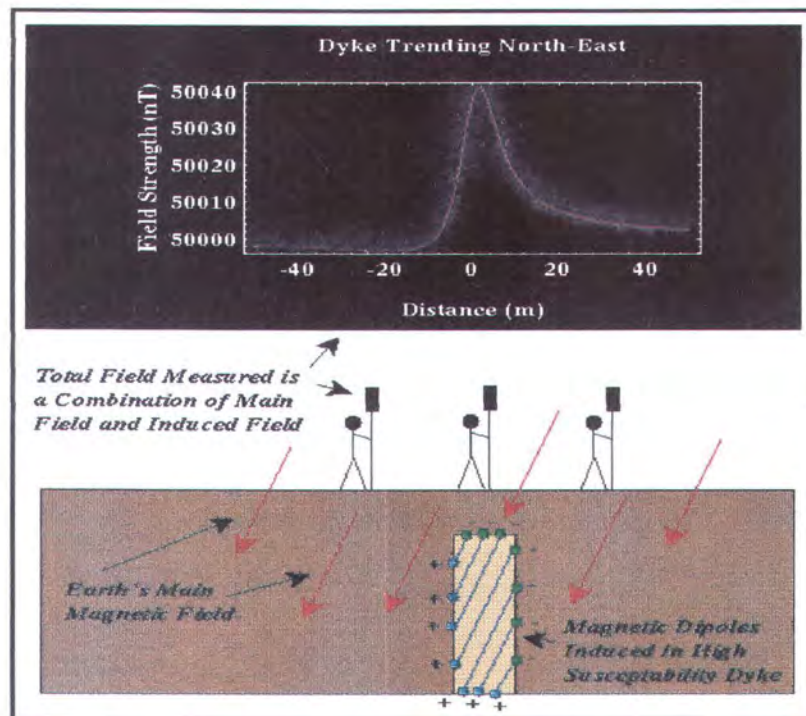
Bagian bidang magnet utama yang yang sering disebut bidang magnetik selama ini telah dipercaya terbentuk dalam inti bumi. Sebagai tambahan inti sumber magnetism, batuan yang berada dekat permukaan bumi yang berada di bawah temperature Curie, mereka dapat secara langsung terinduksi seperti pada magnetisasi remanen. Untuk itu bila kita akan mengukur bidang magnetik sepanjang permukaan bumi, kita akan





mencatat magnetisasi akibat bidang utama dan bidang induksi. Medan induksi berkaitan dengan keberadaan batuan dengan suseptibilitas yang tinggi maupun yang rendah yang berada dekat dengan peralatan ukur.

Jika dilakukan pengukuran dekat dengan batuan yang suseptibilitas magnetiknya tinggi, maka secara umum akan tercatat kuat medan magnet yang lebih besar daripada hasil pengukuran yang dilakukan jauh dari batuan bersuseptibilitas magnetik tinggi. Karena itu, seperti halnya metode gravitasi, pada saat pengukuran, kemungkinan besar akan menemukan batuan di bawah permukaan tanah yang memiliki suseptibilitas magnetik yang tinggi dengan membuat peta dalam variasi kuat medan magnetik pada permukaan bumi. Berdasarkan gambar di bawah berikut, andaikata kita memiliki benda (dyke) yang terkubur dengan suseptibilitas sebesar 0.001 dikelilingi oleh batuan sediment yang tidak memiliki suseptibilitas magnetik. Dyke dalam contoh ini selebar 3 meter dan terkubur pada kedalaman 5 meter, dan menghadap/arah ke timur laut. Untuk menemukan dyke, kita dapat mengukur kuat medan magnet (dalam kasus ini sepanjang arah garis timur-barat). Ketika kita mendekati dyke. Kita akan mulai mengobservasi medaninduksi magnetic yang berhubungan dengan dyke dalam tambahan untuk medan utama bumi.



**Gambar 2.10** Kemagnetan Benda yang terpendam (Setiadewi, 2002)

Beberapa hal sebagai catatan anomali magnetik yang dihasilkan dyke ini adalah :

- Seperti anomaly gravitasi yang dihubungkan dengan densitas body tinggi, magnetic anomaly dihubungkan dengan dyke yang dibatasi untuk daerah di dekat dyke. Ukuran dari anomaly dengan cepat akan turun sesuai dengan semakin jauhnya jarak pengukuran dari dyke.
- Tidak seperti anomaly gravitasi, anomaly magnetik tidak simetris dengan dyke's *midpoint* pada jarak nol untuk contoh di atas. Tidak hanya itu, anomaly yang terbentuk secara berbeda ke kiri dan ke kanan dari dyke, juga maksimum anomaly tidak di tengah, pada saat pusat



dyke. Pengamtan ini secara umum benar untuk semua anomaly magnetic. Kekhususan dari generalisasi ini, bagaimanapun akan tergantung pada bentuk dan orientasi dari body termagnetisasi, lokasinya (bodi dari bentuk dan ukuran yang sama akan menghasilkan anomaly yang berbedaketika ditempatkan pada lokasi yang berbeda). Dan arah profile yang diambil.

#### **2.2.7.2. Metoda Analisa.**

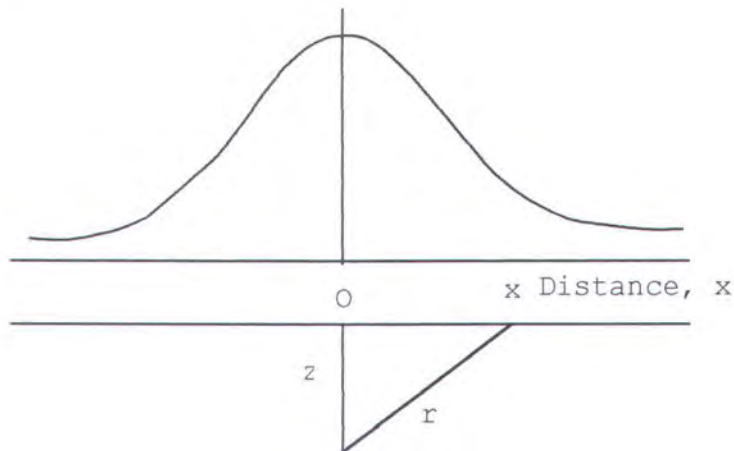
Metode dalam melakukan analisa ini antara lain dengan memperhitungkan pengaruh magnetik pada permukaan bumi dari bodi yang termagnetisasi yang diketahui bentuk bendanya (dalam tugas akhir ini benda yang diobservasi adalah kapal karam) dan suseptibilitasnya dan dapat diprediksi dari teori potensial dengan metoda yang mirip dengan yang digunakan untuk menentukan pengaruh gravitasi dari perbedaan densitas.

#### **2.2.7.3. Intensitas Vertikal dari Bodi yang Terpolarisasi Vertikal.**

Profil megnetik yang akan diperoleh dari pengukuran magnetometer secara vertikal pada bidang horisontal di atas kutub negatif yang terisolasi (jika salah satu kutubnya berada tak terhingga di bawah kutub yang lainnya) pada kedalaman  $z$ , seperti gambar di bawah.

Anomali vertikal  $H_z = (z/x) H$ , dimana  $H$  (total kuat medan dari kutub) =  $P/r^2$ , sehingga :

$$H_z = \frac{P_z}{(X^2 + Z^2)^{3/2}} \dots\dots\dots (2.9)$$



**Gambar 2.11** Medan magnet vertikal dari kutub magnet yang terisolasi (Dobrin, 1981)

#### 2.2.7.4. Batang Magnet Vertikal

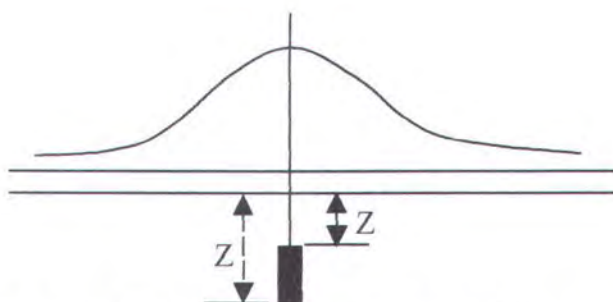
Medan magnet dari batang magnet yang tipis dengan panjang  $L$ , terpendam pada kedalaman  $z$  (dari ujung paling atas) dan  $z'$  (dari ujung paling bawah), maka :

$$P = I.A = k H_z A \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

- $P$  = Total kekuatan kutub
- $H_z$  = Kuat medan vertikal
- $A$  = Luas permukaan atas



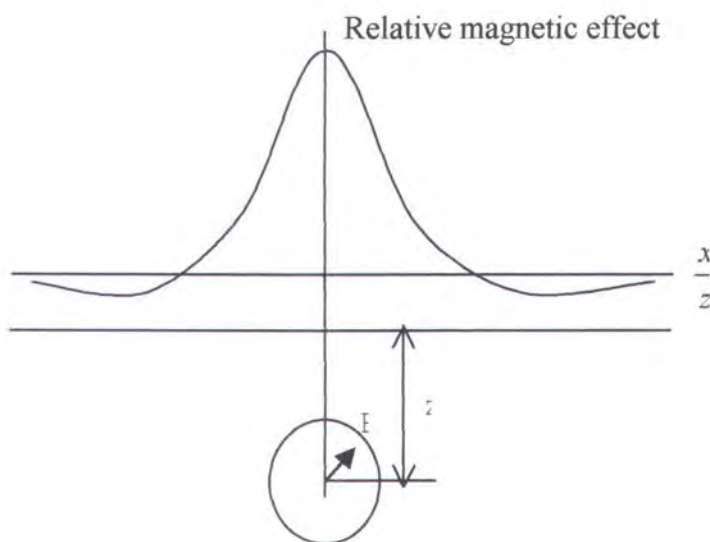


**Gambar 2.12** Intensitas vertikal dari batang magnet terpendam (Dobrin, 1981)

### 2.2.7.5. Bentuk Bola

Anomali magnetik secara vertikal dari bola dengan kedalaman  $z$ . Efek magnetiknya diplotkan terhadap jarak horisontal dibagi dengan kedalaman pusat bola.

$$H_z = \frac{4/3 \pi R^3 I}{Z^3} \frac{2 - \left(\frac{X}{2}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{X}{2}\right)^2\right]^{5/2}} \dots\dots\dots (2.11)$$



**Gambar 2.13** Anomali magnetik vertikal dari bola dengan kedalaman pusat  $z$  (Dobrin, 1981)

2.2.7.6. Silinder Horisontal

Pada silinder horisontal memiliki diagram yang sama dengan bentuk bola, tetapi pada peta kontur magnetiknya bentuk silinder tidak menunjukkan lingkaran yang simetris.

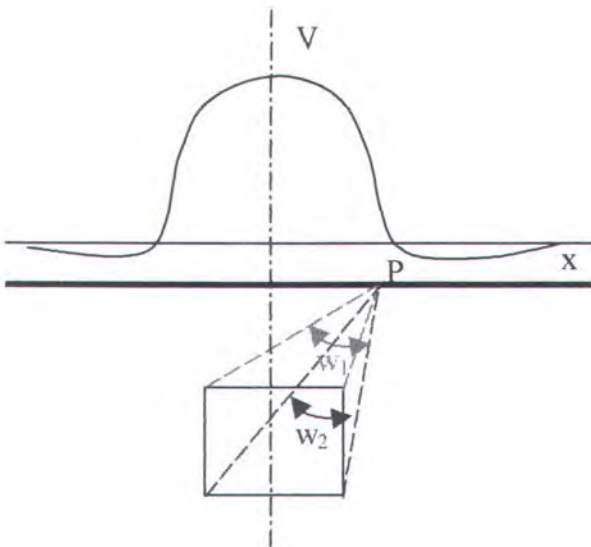
$$H_z = \frac{2\pi R^2 I}{Z^2} \frac{1 - \left(\frac{X}{2}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{X}{2}\right)^2\right]^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

2.2.7.7. Silinder Vertikal

$$H_z = I (w_1 - w_2) \dots\dots\dots (2.13)$$

Apabila silinder mempunyai panjang yang sangat besar, maka :

$$H_z = \frac{\pi R^2 Z I}{(X^2 + Z^2)^{3/2}} \dots\dots\dots (2.14)$$



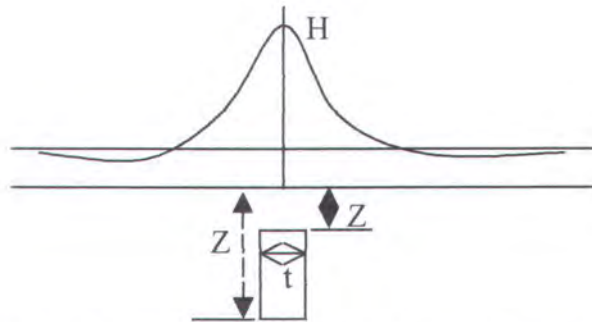
**Gambar 2.14** Estimasi medan magnet vertikal dari silinder vertikal yang terpendam (Dobrin, 1981)



### 2.2.7.8. Struktur Pita Vertikal (*Vertikal Sheet*)

Suatu medan magnet vertikal dari pita vertikal yang terpolarisasi vertikal dengan ketebalan  $t$ , tinggi permukaan atas  $z_1$  dan tinggi permukaan dasar  $z_2$ , maka mempunyai harga  $H_z$  sebagai berikut :

$$H_z = 2 I t \left( \frac{Z_1}{Z_1^2 + X^2} - \frac{Z_2}{Z_2^2 + X^2} \right) \dots\dots\dots (2.15)$$



**Gambar 2.15** Medan magnet vertikal dari pita vertikal (Dobrin, 1981)

## 2.2.8. Metode Analisa Volume dan Berat Kapal Karam

### 2.2.8.1. Volume Kapal Karam

Volume total kapal karam didapatkan dari volume lambung kapal ditambah volume bangunan di atasnya. Untuk penentuan volume lambung kapal dibawah garis air (sarat kapal) didapatkan dengan membagi displacement kapal dengan massa jenis air laut.

Volume kapal sampai garis air (Santoso & Soedjono, 1983) :

$$\text{Volume} = \frac{\text{Displacement}}{\text{massa jenis air laut}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana: displacement = panjang x lebar x sarat kapal x  $C_b$   
 massa jenis air laut = 1.025 gram/cm<sup>3</sup>

Yang mana untuk data kapal karam Van der Wijck yang ada hanya panjang (L) dan lebar (B), maka untuk mendapatkan data yang lain digunakan data kapal penumpang pembanding dan dari referensi buku.

Data-data kapal Van der Wijck adalah

Panjang (L) = 105 m

Lebar (B) = 15 m

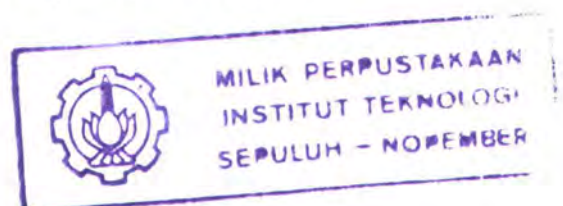
Sarat (T) = 4.5 m

Tinggi geladak (H) = 8.5 m

Koefisien blok ( $C_b$ ) = 0.65 (The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988)

Data sarat dan tinggi geladak didapatkan dari kapal pembanding kapal penumpang tahun 1986 yang panjangnya sama yaitu 105 meter (Register of Ships, 2000).

Perhitungan kapal karam diperoleh dari jumlah volume lambung kapal ditambah volume bangunan di atasnya. Dimana untuk volume sampai lambung kapal dihitung dengan rumus seperti perhitungan volume sampai sarat air, dan untuk perhitungan volume lambung total sarat diganti dengan tinggi geladak. Untuk perhitungan bangunan atas hanya dihitung dengan perhitungan: panjang x lebar x tinggi bangunan atas tersebut.





### 2.2.8.2. Berat Kapal Karam

Penentuan berat kapal karam untuk jenis kapal penumpang didapatkan 30% dari berat displacement (Santosa, I. G. M., 1999)

### 2.2.9. Metode Analisa Densitas Kapal Karam

Densitas suatu benda:

$$\rho = \frac{\text{massa}}{(\text{volume})} \dots\dots\dots (2.17)$$

Berdasarkan pengembangan rumus densitas diatas didapatkan rumus untuk mendapatkan densitas rata-rata untuk suatu benda yang tidak pejal (dianggap menyebar) seperti kapal karam. Pengembangan rumus ini untuk perhitungan kapal karam berdasarkan densitas batuan yang jumlahnya banyak tetapi menyebar pada suatu lokasi, yang mana lokasi tersebut juga terdapat batuan yang memiliki densitas yang berbeda. Untuk mendapatkan densitas rata-rata batuan yang menyebar digunakan pengembangan rumus.

#### Densitas rata-rata kapal karam:

Densitas material kapal karam terbuat dari steel = 7.85 ton/m<sup>3</sup>

Densitas pengisi kapal karam dianggap air laut, ( $\rho$  air laut = 1.025 ton/m<sup>3</sup>)

$\rho_1$  = massa jenis steel

$\rho_2$  = massa jenis air laut

$v_1$  = volume steel kapal karam

$v_2$  = volume air laut dalam kapal karam

$$\rho_{\text{rata-rata}} = (\rho_1 \times v_1 + \rho_2 \times v_2) / (v_1 + v_2) \dots\dots\dots (2.18)$$



### BAB III METODOLOGI

بسم الله الرحمن الرحيم

*Allahi akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allahi Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*  
(Q.S. Al-Mujadillahi ayat 11).



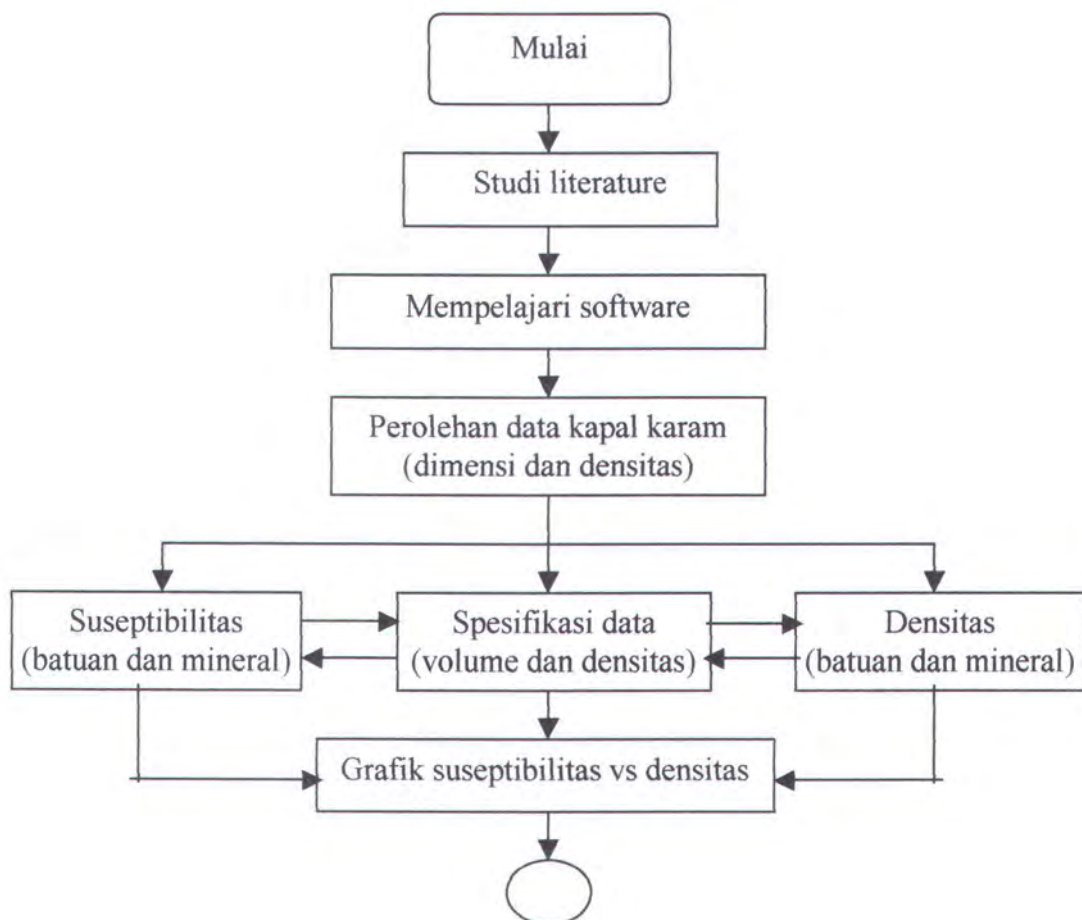
## BAB III

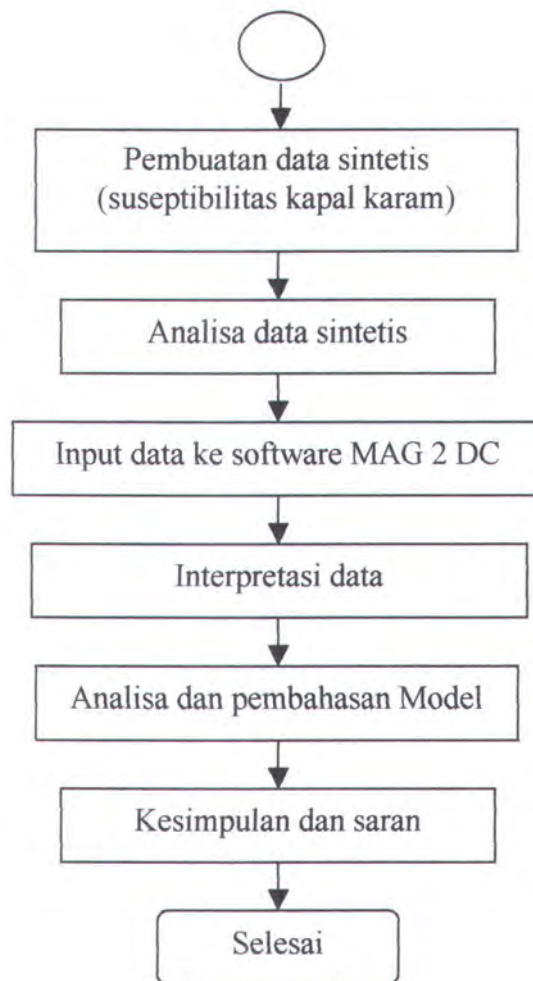
### METODOLOGI

#### III.1. Diagram Alir (Flow chart)

Dengan pertimbangan kemudahan, maka dalam melakukan pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini semua bentuk kegiatan yang dilakukan akan di susun secara benar berdasarkan urutan kerja untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Adapun Tahapan-tahapan pengerjaan (flowchart) Tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

##### FLOW CHART TUGAS AKHIR





### III.2. Penjelasan Diagram Alir

Dibawah ini akan diuraikan dan dijelaskan tentang diagram alir secara singkat dari masing-masing urutan pengerjaan tugas akhir yang dilakukan dalam kaitannya untuk penyusunan laporan tugas akhir ini. Adapun uraian dan penjelasan yang dijabarkan disini hanya secara garis besarnya saja.

#### 1. Studi Literatur

Pekerjaan pada studi literatur adalah mencari dan menyeleksi bahan pustaka yang berkaitan dengan penyelidikan struktur bawah air, khususnya



metode magnetik (Teori geomagnet, anomali geomagnet, interpretasi geomagnet). Studi literatur ini diperoleh dari berbagai buku, jurnal penelitian, diktat kuliah dan internet.

## **2. Mempelajari software**

Yaitu memahami dan menguasai software Magsurf dan AutoCad untuk pemodelan 3 dimensi kapal karam dan MAG 2 DC sebagai sarana input data yang telah dianalisa untuk kemudian memodelkan potongan 2 dimensi benda yang ada di bawah air (kapal karam). Software ini khusus digunakan untuk menganalisa anomali geomagnet, dan setelah melalui proses input data dan pemodelan penampang memotong kapal karam maka akan didapatkan intepretasi model anomali medan magnet kapal karam.

## **3. Perolehan data kapal karam (dimensi dan densitas)**

Yaitu mencari data kapal karam atau data kapal yang belum karam dengan diasumsikankaram (dimensi dan densitas), dimana data ini akan diolah dan dilakukan analisa lebih lanjut sehingga akan didapatkan pendekatan volume dan berat kapal karam, dan data tersebut akan menjadi data penunjang dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

## **4. Grafik suseptibilitas vs densitas.**

Dari sebagian data suseptibilitas batuan dan mineral yang ada pada tabel 2.2 dan sebagian data densitas batuan dan mineral yang ada pada tabel 2.3 akan diperoleh suatu grafik densitas vs suseptibilitas batuan dan

mineral. Grafik ini yang nantinya digunakan untuk menentukan suseptibilitas kapal karam yang sebelumnya telah diperoleh densitas dari kapal karam tersebut.

#### **5. Pembuatan data sintetik.**

Data sintetik tersebut diperoleh berdasarkan (dimensi dan densitas) yang telah diolah sehingga didapatkan volume air laut dalam kapal karam dan volume baja yang membentuk kapal karam tersebut. Dari volume air laut dalam kapal karam dan volume baja kapal karam akan diperoleh densitas rata-rata dari kapal karam tersebut dengan menggunakan pengembangan rumus densitas. Setelah diperoleh densitas rata-rata kapal karam maka akan dapat diperoleh suseptibilitas kapal karam tersebut yaitu melalui grafik suseptibilitas vs densitas batuan dan mineral.

#### **6. Analisa data sintetik**

Setelah data sintetis suseptibilitas kapal karam didiperoleh, maka hasil suseptibilitas kapal karam tersebut dikoreksi dengan mengurangi data sintetis suseptibilitas kapal karam tersebut dengan suseptibilitas air laut.

#### **7. Input data pada software MAG 2 DC**

Data sintetis suseptibilitas kapal karam tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam software MAG 2 DC. Selain itu data-data pendukung lainnya juga akan dimasukkan kedalam software MAG 2 DC sebagai parameter umum



untuk mendapatkan model anomali medan magnet untuk interpretasi posisi kapal karam, parameter-parameter pemodelan tersebut yaitu:

1. *Geomagnetik Field Parameter Intensity (nT)*

Merupakan besarnya intensitas magnetik bumi, yang mana untuk wilayah perairan Indonesia nilainya antara 41000 nT sampai 47000 nT.

2. *Profil bearing*

Merupakan sudut kemiringan antara garis yang ditarik pada kontur anomali medan magnet terhadap arah utara. Dimana harga bearing akan semakin membesar searah jarum jam. Dalam pemodelan ini diambil bearing  $0^0$  dan  $90^0$ . Namun sudut potongan yang membentuk potongan penampang kapal karam yang berbeda setiap sudut yang akan dimasukkan dalam pemodelan dalam software MAG 2 DDC.

3. *Reference Hight*

Merupakan ketinggian atau posisi sensor magnetometer dari permukaan laut saat pengambilan data anomali pada survei magnetik umumnya diambil setengah dari kedalaman benda yang tenggelam.

4. *Maximum Depth Displayed*

Merupakan kedalaman maksimum dalam survei geologi pada letak anomali yang telah ditentukan atau ditampilkan dalam layar.

5. *Deklinasi*

Merupakan sudut antara utara geografi dengan utara magnetik yang dihitung dari arah utara ke timur, dimana nilai tergantung dari lokasi penelitian.

6. *Inklinasi*

Merupakan sudut antara arah garis magnetik medan dengan bidang horisontal dan besarnya tergantung dari wilayah penelitian.

7. *Body 1 Suseptibility (cgs)*

Merupakan nilai suseptibilitas magnetik dari suatu benda atau mineral yang akan dimodelkan.

8. *Number of Points.*

Merupakan jumlah titik atau satuan panjang pengamatan anomali magnetik tiap *station spacing*.

9. *Station Spacing*

Merupakan jarak (x) antara kontur pada nilai anomali magnetik.

Selain parameter pemodelan, input data *body parameter* juga dimasukkan dalam pemodelan, yaitu:

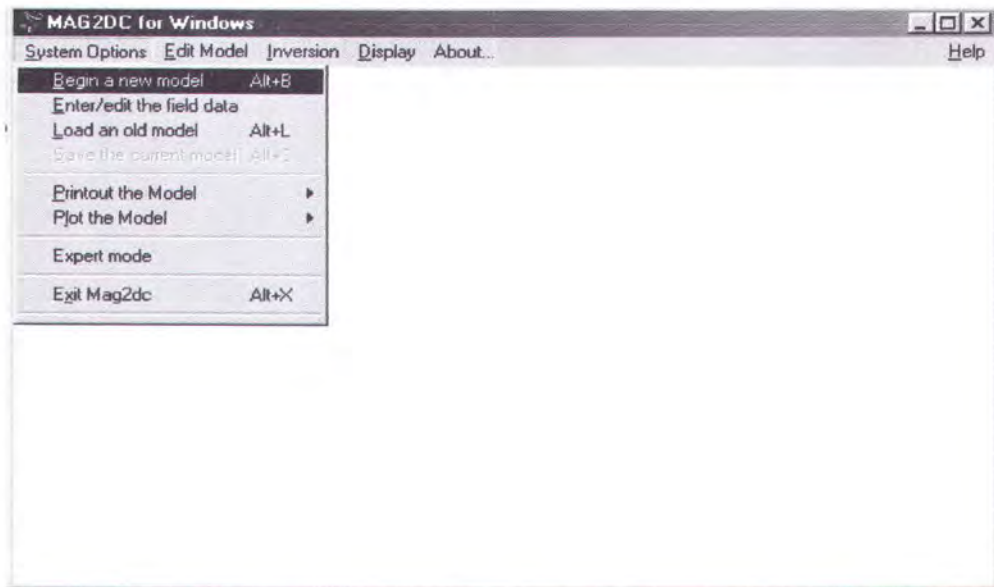
1. *Strike Length*

Merupakan lebar potongan model, untuk pemodelan ini panjang *strike length* yang diinputkan berbeda sesuai sudut potongan yang digunakan.



### Teknik Pemodelan dengan Software MAG 2DC.

1. Membuka software MAG2DC dan meng-input parameter pemodelan dengan jalan mengklik *begin a new model*.



**Gambar. 3.1.** Langkah awal dalam pemodelan

Setelah mengklik *begin a new model* di file menu, selanjutnya akan memasukkan nilai-nilai parameter pemodelan, untuk pemodelan ini parameter yang digunakan adalah:

- Geomagnetic field parameter intensity = 44800 nT
- Reference height 15 meter, berdasarkan setengah kedalaman benda di laut
- Maximum depth displayed (200 meter)
- Profil bearing yang digunakan adalah  $0^{\circ}$  (arah survei dari utara menuju selatan) dan  $90^{\circ}$  (arah timur menuju ke barat).
- Inclination degree (untuk perairan pantai Lamongan sebesar  $-32^{\circ}$ )
- Declination degree (untuk perairan pantai Lamongan sebesar  $0.4^{\circ}$ )

- Number of point (100)
- Body 1 susceptibility (0.056)
- Station spacing (5)

**New Model Parameters**

Profile Bearing: 90.000

Reference Height: 15.000

Maximum Depth Displayed: 200.000

**Geomagnetic Field Parameters**

Intensity (nT): 44800.000

Inclination (degrees): -32.000

Declination (degrees): 0.400

Body 1 Susceptibility (cgs): 0.056

Station Spacing: 5.000

No. of Points (<=650): 100

☐ Read in Observed Data

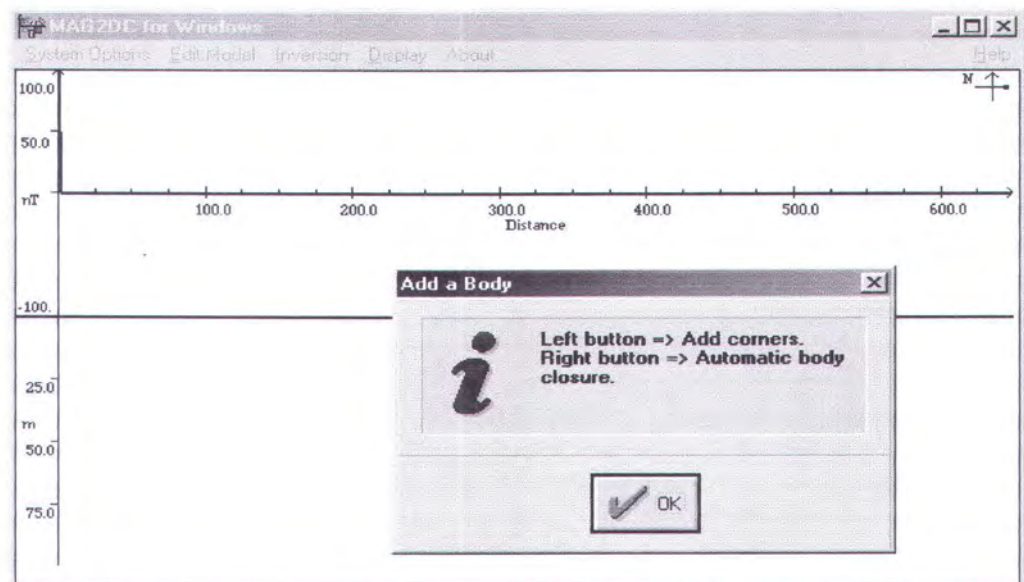
☐ X-Y Coordinate Information

Units of Measure: KM (selected) M

OK Cancel

**Gambar 3.2.** Input parameter dalam pemodelan

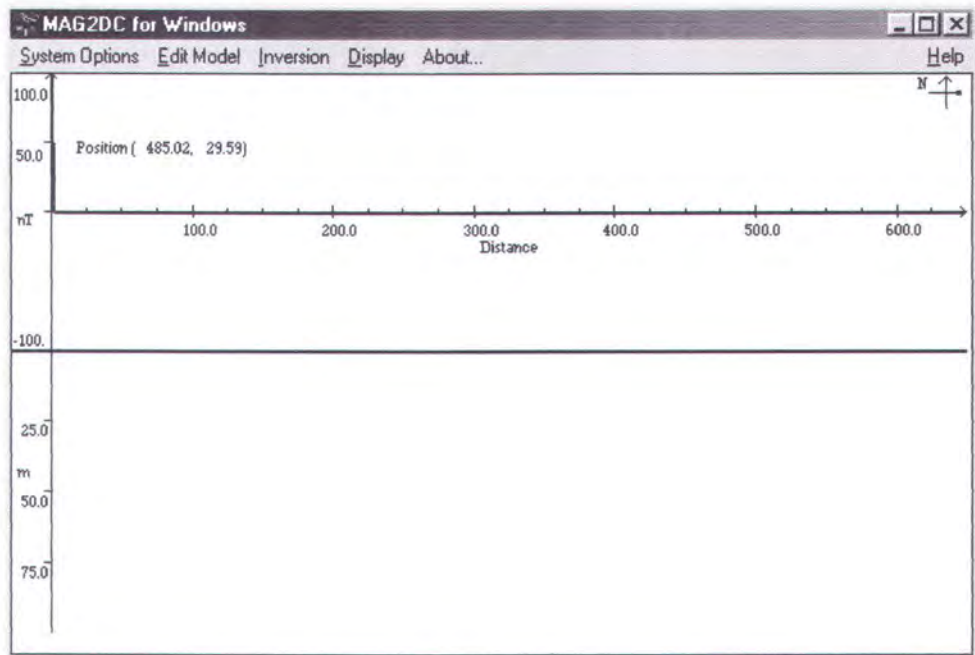
2. Dengan mengklik OK, maka akan keluar file add the body.



**Gambar 3.3.** Add a body

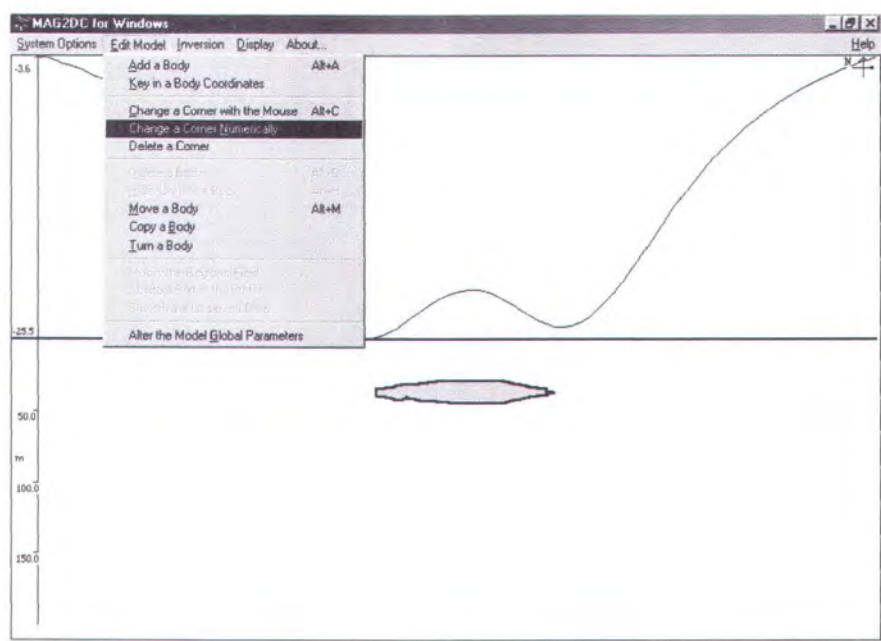


3. Dengan mengklik OK maka tampil MAG2DC for Windows yang kemudian diteruskan dengan memasukkan model kapal (potongan 2 dimensi kapal karam sesuai dengan sudut potongan).



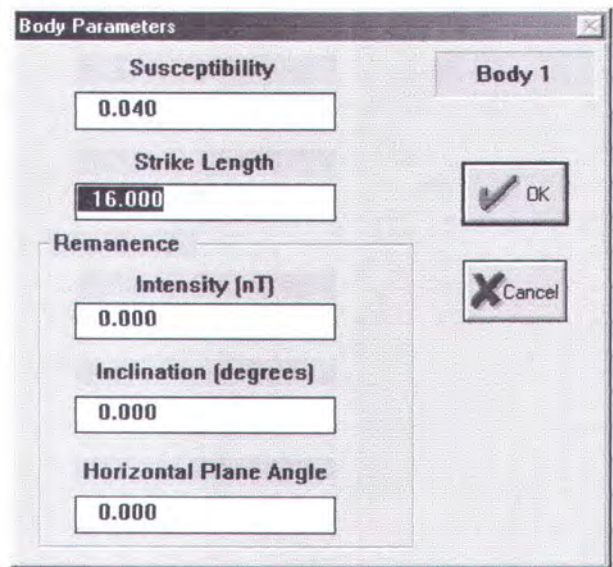
**Gambar 3.4.** Input model

4. Setelah keluar tampilan diatas, maka kita akan memodelkan bentuk potongan kapal karam sederhana dengan mouse kiri, setelah selesai lalu di klik kanan. Dan selanjutnya klik edit model untuk membuat model secara presisi dengan mengklik *change a corner numerically*



Gambar 3.5. Change a corner numerically

- 6 Setelah pembuatan dan peng-editan model sesuai, maka langkah selanjutnya memasukkan *strike length* pada menu body parameter untuk memasukkan lebar dari penampang yang dimodelkan (untuk menampilkan body parameter dengan cara mengklik 2 kali model yang dibuat).



Gambar 3.6. Body parameter



## **8. Interpretasi data**

Setelah meng-inputkan seluruh data pada MAG 2 DC, maka akan didapatkan kuat medan hasil pemodelan anomali medan magnet yang menginterpretasikan adanya suatu benda di dasar laut, dalam hal ini benda tersebut adalah kapal karam. Interpretasi untuk kapal karam tersebut hanya dilakukan dengan memasukkan potongan kapal karam dari sudut  $0^0$  sampai  $90^0$ , karena bentuk kapal kanan dan kiri potongannya sama, sementara potongan depan dan belakang bdianggap sama.

## **9. Analisa dan pembahasan model**

Hasil interpretasi dari pemodelan kapal karam yang menyebabkan anomali magnetik kemudian dianalisa dan dilakukan pembahasan dengan bantuan AutoCad dan excel.

## **10. Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan pembahasan akan ditarik sautu kesimpulan



## **BAB IV**

### **DATA MODELING**

بسم الله الرحمن الرحيم

*(Al-Quran ini adalah penjelasan yang sempurna bagi manusia agar mereka diberi peringatan dengannya, agar mereka mengetahui bahwa Dia adalah Tuhan Yang Maha Esa, dan agar orang-orang berakal mengambil pelajaran (Q.S. Ibrahim 14:52).*

## BAB IV

### DATA MODELING

#### 4.1. Data Awal

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, data yang digunakan adalah data kapal karam Van der Wijck, yang mana kapal tersebut karam di perairan Lamongan pada tahun 1921 dengan posisi lambung kiri meletak di dasar laut, dan memiliki panjang 105 meter serta lebar 15 meter (Lampiran).

##### **Spesifikasi pendekatan data kapal Van der Wijck:**

Panjang (L) = 105 meter

Lebar (B) = 15 meter

Sarat (T) = 4.5 meter

Tinggi geladak (H) = 8.5 meter

Koefisien balok (Cb) = 0.65

##### **Perhitungan *displacement*:**

$$\begin{aligned} \text{Displacement (v)} &= L \times B \times T \times cb \times 1.025 \\ &= 105 \times 15 \times 4.5 \times 0.65 \times 1.025 \\ &= 4722 \text{ ton} \end{aligned}$$

##### **Berat kapal kosong untuk kapal penumpang:**

$$\begin{aligned} \text{Berat kapal kosong} &= 30\% \times \text{displacement} \\ &= 1417 \text{ ton} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Volume kapal kosong} &= \text{Berat kapal kosong} / 1.025 \\ &= 1382 \text{ m}^3\end{aligned}$$

**Perhitungan volume kapal karam:**

Perhitungan volume kapal karam diasumsikan sama dengan perhitungan displacement dengan tinggi sampai tinggi geladak (H) = 8.5 meter ditambah volume bangunan atas.

$$\begin{aligned}\text{Volume sampai H} &= L \times B \times H \times cb \\ &= 105 \times 15 \times 8.5 \times 0.65 \\ &= 8701.875 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Penentuan volume bangunan diambil yang dominan yaitu bangunan yang berada di bagian tengah kapal.

$$\begin{aligned}\text{Volume bangunan atas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 36.75 \times 11 \times 8 \\ &= 3234 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume total kapal karam} &= \text{Volume sampai H} + \text{Volume bangunan atas} \\ &= 11935.875 \text{ m}^3\end{aligned}$$

**Penentuan densitas ( $\rho$ ) kapal karam =**

Densitas material kapal karam terbuat dari steel =  $7.85 \text{ ton/m}^3$

Densitas pengisi kapal karam yaitu air laut, dimana  $\rho$  air laut =  $1.025 \text{ ton/m}^3$

**Perhitungan densitas rata-rata kapal karam yang terisi air laut sebesar:**

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \text{massa jenis steel} &= 7.850 \text{ ton/m}^3 \\ \rho_2 &= \text{massa jenis air laut} &= 1.025 \text{ ton/m}^3 \\ v_1 &= \text{volume steel kapal karam} &= 1382 \text{ m}^3\end{aligned}$$

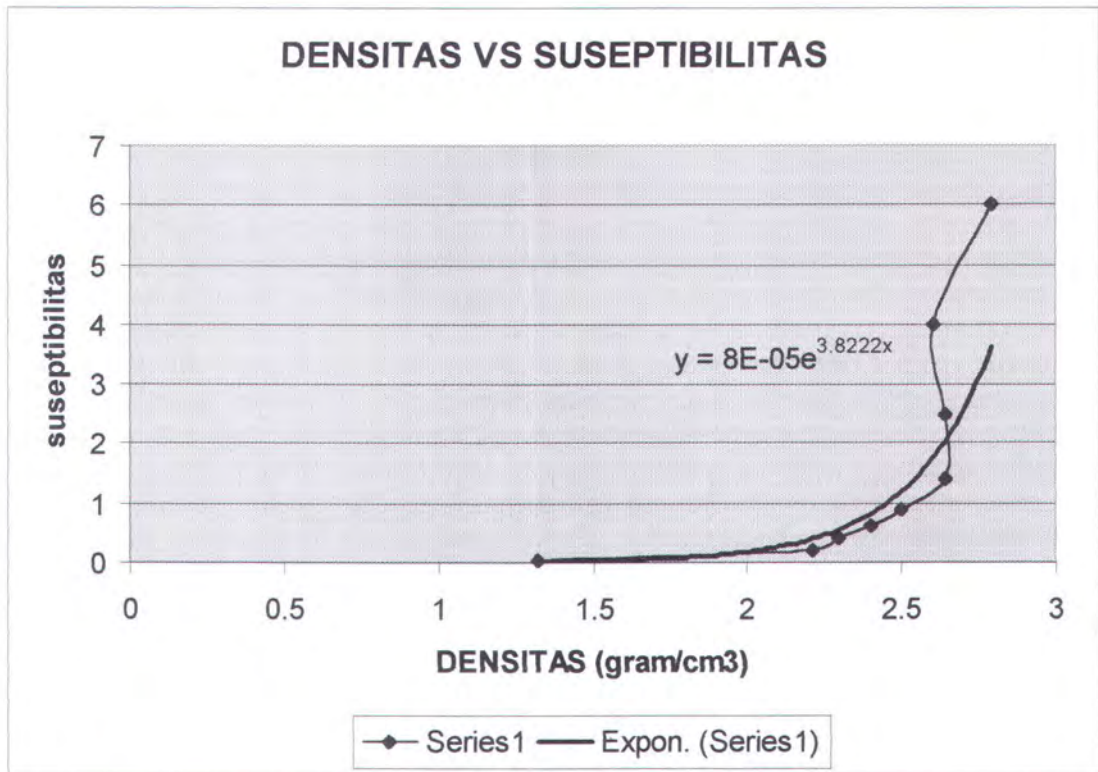
$$v_2 = \text{volume air laut dalam kapal karam} = 11935.875 \text{ m}^3$$
$$\rho_{\text{total}} = (\rho_1 \times v_1 + \rho_2 \times v_2) / (v_1 + v_2)$$
$$= (7.85 \times 1382 + 1.025 \times 11935.875) / (1382 + 11935.875)$$
$$= 23082.97 / 13317.875$$
$$= 1.733 \text{ gr/cm}^3$$

4. 2. Data Suseptibilitas Kapal Karam

Dalam pembuatan data suseptibilitas kapal karam akan diperlukan berbagai data sebagai bahan atau dasar dalam pembuatannya. Data dibuat berdasarkan pada data Densitas dan data Suseptibilitas batuan dan mineral. Dari data tersebut akan didapatkan grafik densitas vs suseptibilitas.

Tabel 4.1 Data densitas dan suseptibilitas batuan dan mineral

	Mineral dan Batuan	Density	Suseptibility
1	Coal	1,32	0,02
2	Clays	2,21	0,2
3	Sandstones	2,3	0,4
4	Shales	2,4	0,6
5	Sedimentary	2,5	0,9
6	Schist	2,64	1,4
7	Granite	2,64	2,5
8	Quartzite	2,6	4
9	Metamorphie	2,74	4,2
9	Slate	2.79	6



**Gambar 4.1** Grafik densitas VS suseptibilitas batuan dan mineral

#### Perhitungan Suseptibilitas Kapal Karam

Dengan diketahuinya densitas kapal karam, maka dapat dihitung suseptibilitas kapal karam dengan memasukkan harga densitas ke persamaan:

$$y = 8E - 05 e^{3.8222 x}$$

$$y = (0.00008) 2.718^{3.8222 x}$$

dimana:  $y$  = suseptibilitas

$x$  = densitas

Dengan densitas kapal karam ( $x$ ) sebesar  $1.733 \text{ gram/cm}^3$ , maka nilai suseptibilitas ( $y$ ) kapal karam adalah:



$$y = (0.00008) 2.718^{3.8222 x}$$

$$y = (0.00008) 2.718^{(3.8222 (1.733))}$$

$$y = 0.0602$$

Jadi suseptibilitas kapal karam adalah 0.0602

### Suseptibilitas Air Laut

Dengan memasukkan nilai densitas air laut sebesar 1.025, maka didapatkan:

$$y = (0.00008) 2.718^{3.8222 x}$$

$$y = 0.004$$

### Suseptibilitas kapal karam

Karena kapal karam berada dilingkungan air laut, maka untuk mendapatkan delta suseptibilitas kapal karam dilingkungan air laut dicari dengan rumus:

$$\Delta = \text{suseptibilitas kapal karam} - \text{suseptibilitas air laut}$$

$$= 0.056$$

Jadi delta suseptibilitas kapal karam = 0.056

Dan nilai delta suseptibilitas kapal karam ini yang nantinya akan diinputkan ke software MAG 2DC sebagai salah satu parameter untuk mendapatkan model anomali untuk interpretasi kapal karam dilingkungan air laut.

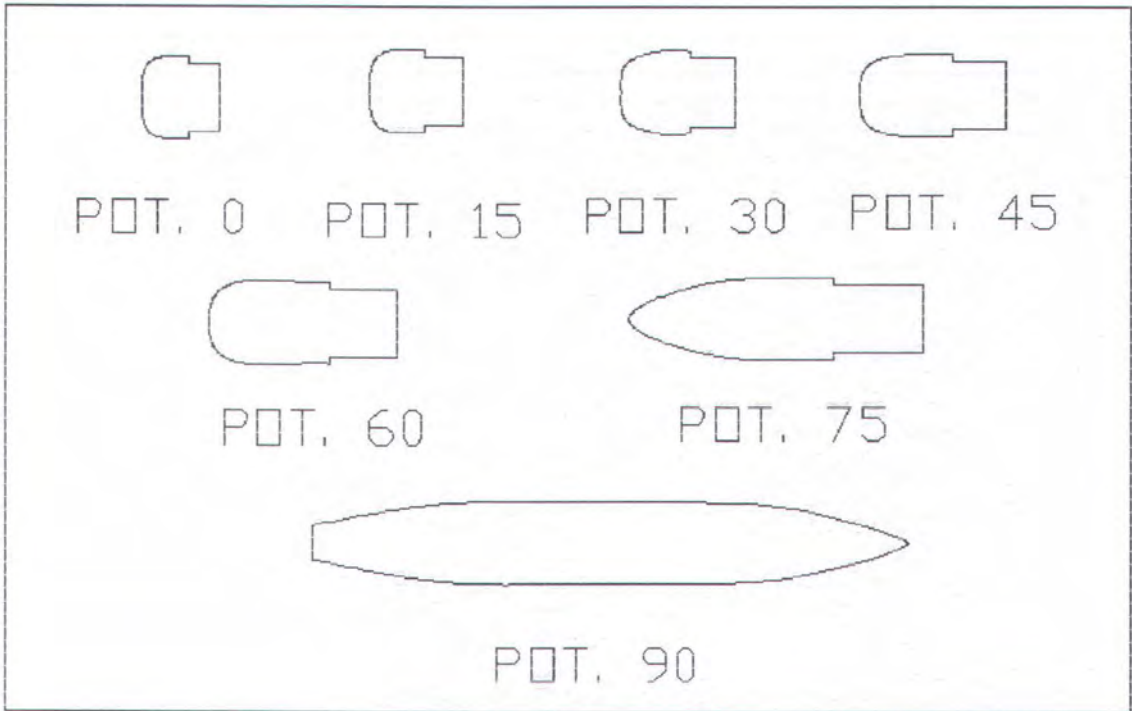
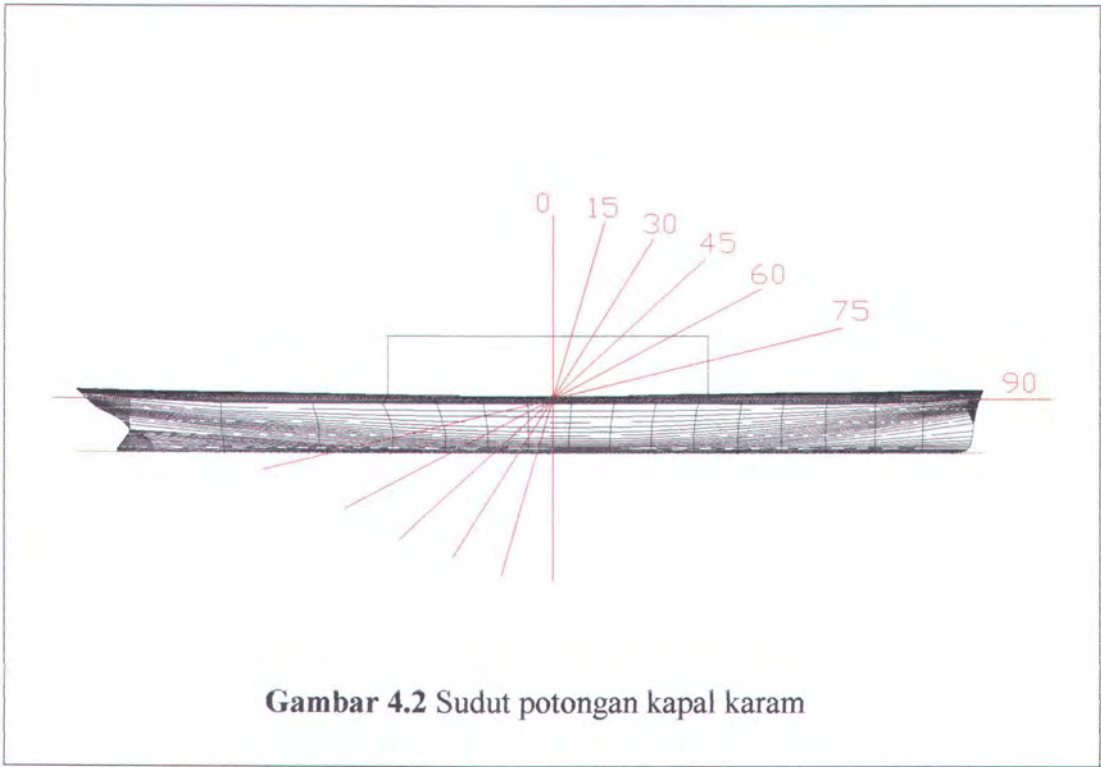
### 4.3. Model.

Untuk mendapatkan model anomali medan magnet maka digunakan software MAG2DC yang merupakan salah satu software analisa magnetik. Langkah awal dalam pemodelan ini adalah membuat model tiga dimensi kapal karam, kapal karam disini dimodelkan dengan bantuan *software maxsurf* dan AutoCad (lampiran). Dari model kapal karam di buat penampang potongan sesuai sudut yang diinginkan (gambar 4.3), lalu penampang hasil potongan tersebut dimasukkan ke *software* MAG2DC sesuai parameter pemodelan dan parameter body dari setiap sudut potongan.

#### 4.3.1. Sudut Potong Pemodelan.

Dalam pemodelan ini dibuat sudut potongan yang dapat mewakili penampang potongan kapal karam Van der Wijck. Sudut yang dipilih yaitu:  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  dari arah memotong lebar kapal. Pemilihan sudut itu karena bentuk samping kanan dan kiri kapal simetris serta bentuk potongan depan dan belakang kapal memiliki bentuk yang hampir sama.

Untuk mendapatkan penampang potongan yang mewakili digunakan bantuan software AutoCad. Dan dalam pemodelan ini posisi kapal karam dalam keadaan tidur dengan lambung sebelah kiri berada di bawah dasar laut dan lambung kanan kapal di atas. Dalam pemotongan penampang kapal dilakukan dari atas permukaan laut membentuk sudut yang telah ditentukan.



**Gambar 4.3** Bentuk potongan kapal karam untuk setiap sudut



#### 4.3.2. Parameter Pemodelan.

Parameter pemodelan merupakan data yang harus di-inputkan sebelum melakukan pemodelan dengan software MAG2DC. Pada *software* MAG2DC layar dibagi dua yang mana bagian atas sebagai tempat respon dari model yang digambarkan bagian bawah. *Profile bearing* yang dipakai hanya dua sudut yaitu  $90^0$  dan  $0^0$ . Dalam survei geofisika umumnya memiliki pola lintasan yang lurus dengan menandai start survei dan akhir survei yang selanjutnya akan di *record*. Arah lintasan dari timur ke barat (bearing  $90^0$ ) dan arah lintasan dari utara ke selatan (bearing  $0^0$ ). Dalam memasukkan bearing untuk penampang potongan harus sama agar ada acuan yang sama.

Terdapat juga parameter-parameter yang relatif tetap karena letak geografis dari daerah model. Parameter tersebut adalah *geomagnetik field parameter* yang mana besar intensitas magnetik bumi untuk perairan pantai Lamongan sebesar 44800 nT, sudut deklinasi yang merupakan sudut antara utara geografi dengan komponen medan horisontal yang dihitung dari arah Utara ke Timur sebesar  $0.4^0$ . Sedangkan sudut antara medan dengan medan horisontal (inklinasi) sebesar  $-32^0$ .

Parameter selanjutnya adalah besar suseptibilitas, besar suseptibilitas setiap bahan berbeda tergantung sifat dan karakteristik dari masing-masing benda yang mana untuk kapal karam yang didalamnya ada air laut sebesar 0.056.

Agar hasil yang diperoleh merupakan hasil yang mewakili, jarak yang diambil semaksimal mungkin, yaitu dengan *no. of point* diambil 100 dan *station spacing* sebesar 5.0. Selain parameter pemodelan, hal yang penting memasukkan *strike length*, dimana *strike length* ini adalah parameter yang menunjukkan lebar dari benda yang dipotong.

Tabel 4.2 Panjang *strike length* untuk setiap sudut potongan

No.	Sudut (Derajat)	Strike length (meter)
1	0	105
2	15	59.5
3	30	54
4	45	51.5
5	60	49.5
6	75	48
7	90	16.5



4.3.3. Pembuatan Model.

Langkah awal dalam pemodelan penampang kapal karam ini adalah dengan membuat bentuk model yang merupakan *representatif* dari potongan kapal karam sesuai dengan sudut yang telah dipilih pada *board MAG2DC for windows*. Model dibuat dengan membuat titik-titik searah jarum jam yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu penampang potongan dari kapal karam. Setelah titik-titik yang kita buat kita ok, maka akan muncul anomali yang belum di edit. Untuk mendapatkan model yang mewakili penampang potongan maka kita menggunakan fasilitas dari menu edit model dan pilih *change a corner numerically*. Pengeditan yang dilakukan itu dilakukan melalui titik per titik, sehingga bisa dikatakan mewakili model potongan kapal karam.



## **BAB V**

### **HASIL PEMBAHASAN MODEL**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan hati semuanya itu akan diminta pertanggung jawaban. (Q.S. Al-Isra' ayat 36).*





## **BAB V**

### **HASIL PEMBAHASAN MODEL**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan liati semuanya itu akan diminta pertanggung jawaban. (Q.S. Al-Isra' ayat 36).*

## BAB V

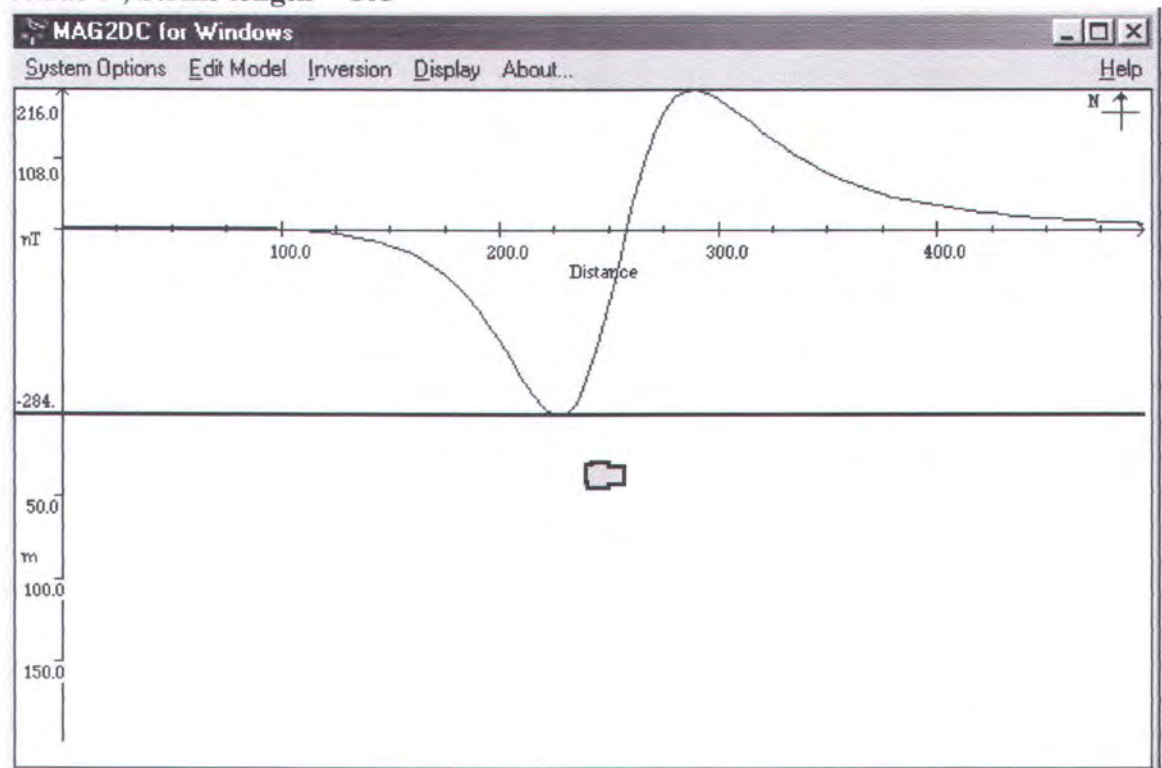
### HASIL PEMBAHASAN MODEL

#### 5.1 Hasil Pemodelan MAG 2 DC

Hasil yang diperoleh dari pemodelan dengan MAG 2 DC adalah beberapa kurva anomali medan magnet, dimana kurva tersebut merupakan model anomali medan magnet sebagai interpretasi posisi kapal karam. Kurva itu hanya potongan dengan sudut  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$  dari arah memotong lebar kapal. Bearing yang di-inputkan hanya  $0^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ .

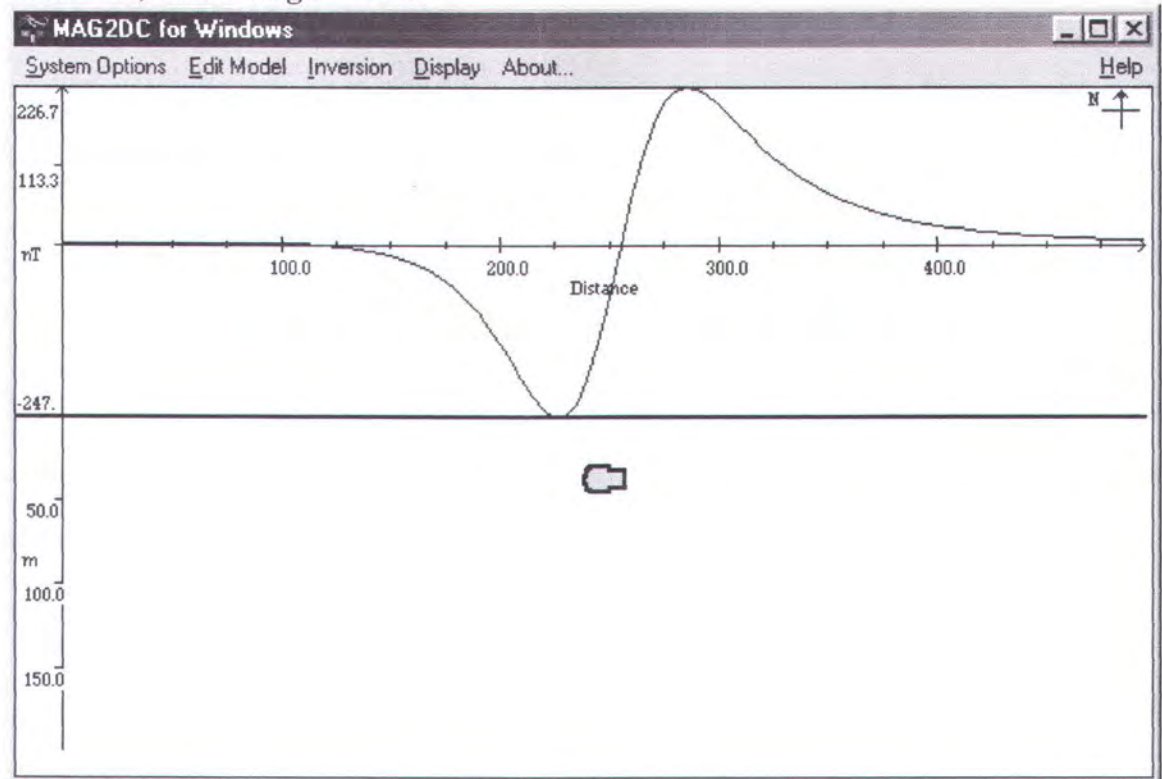
##### 5.1.1 Hasil Model Anomali Medan Magnet dengan Bearing $0^{\circ}$

Sudut  $0^{\circ}$ , Strike length = 105

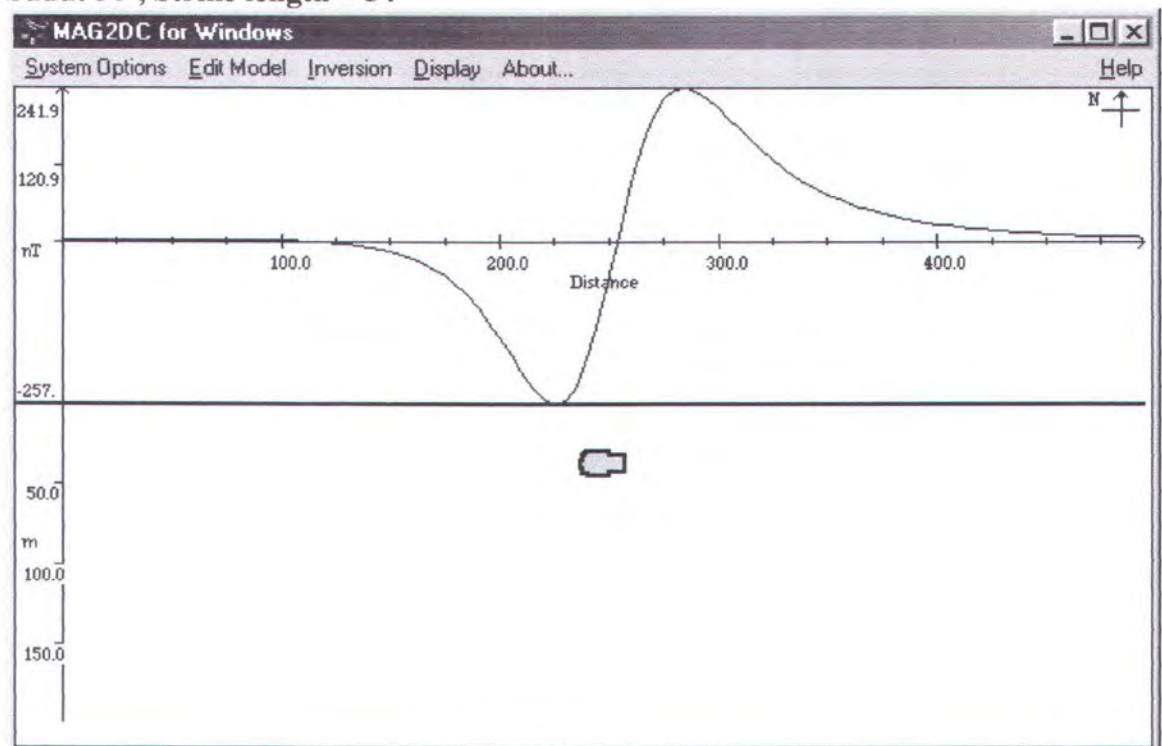




Sudut  $15^0$ , Strike length = 59.5

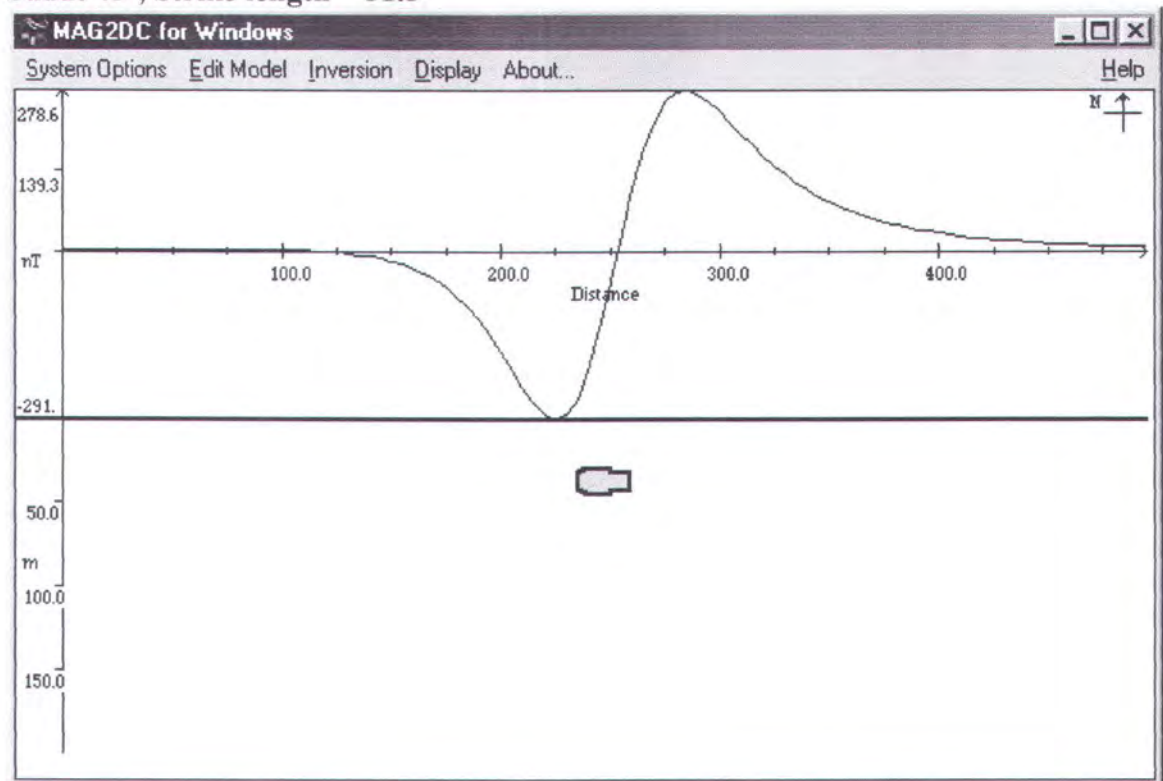


Sudut  $30^0$ , Strike length = 54

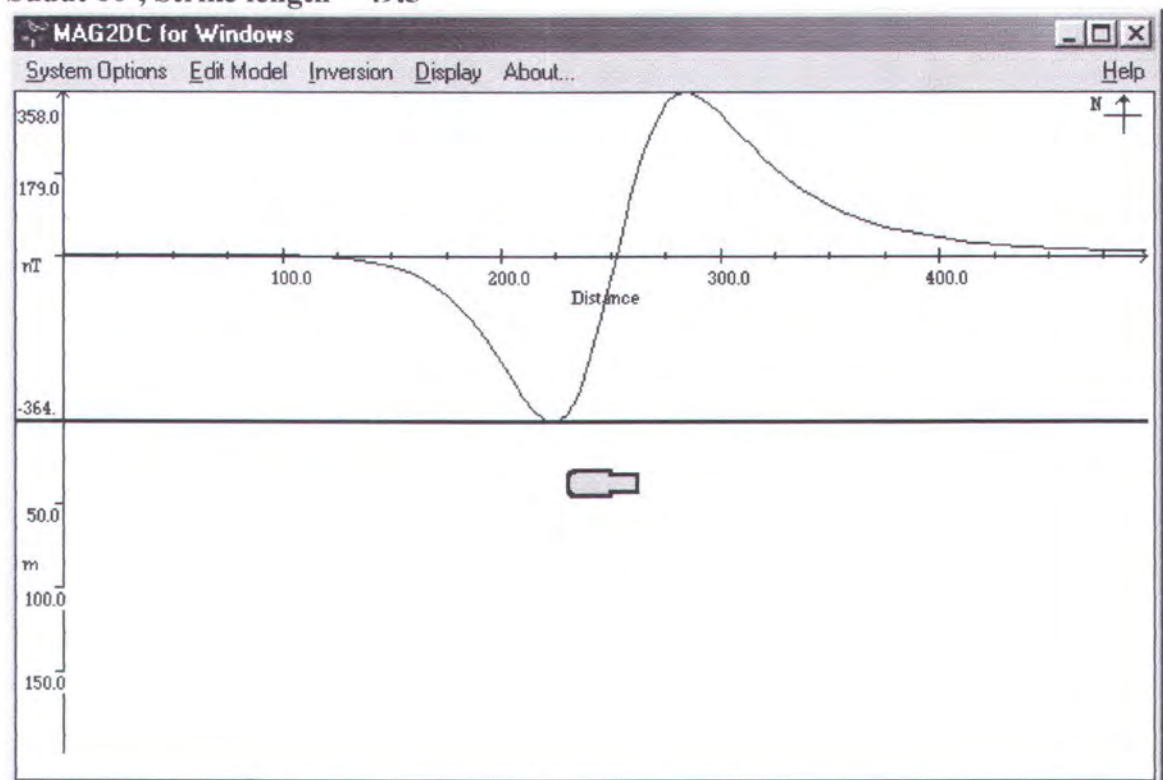




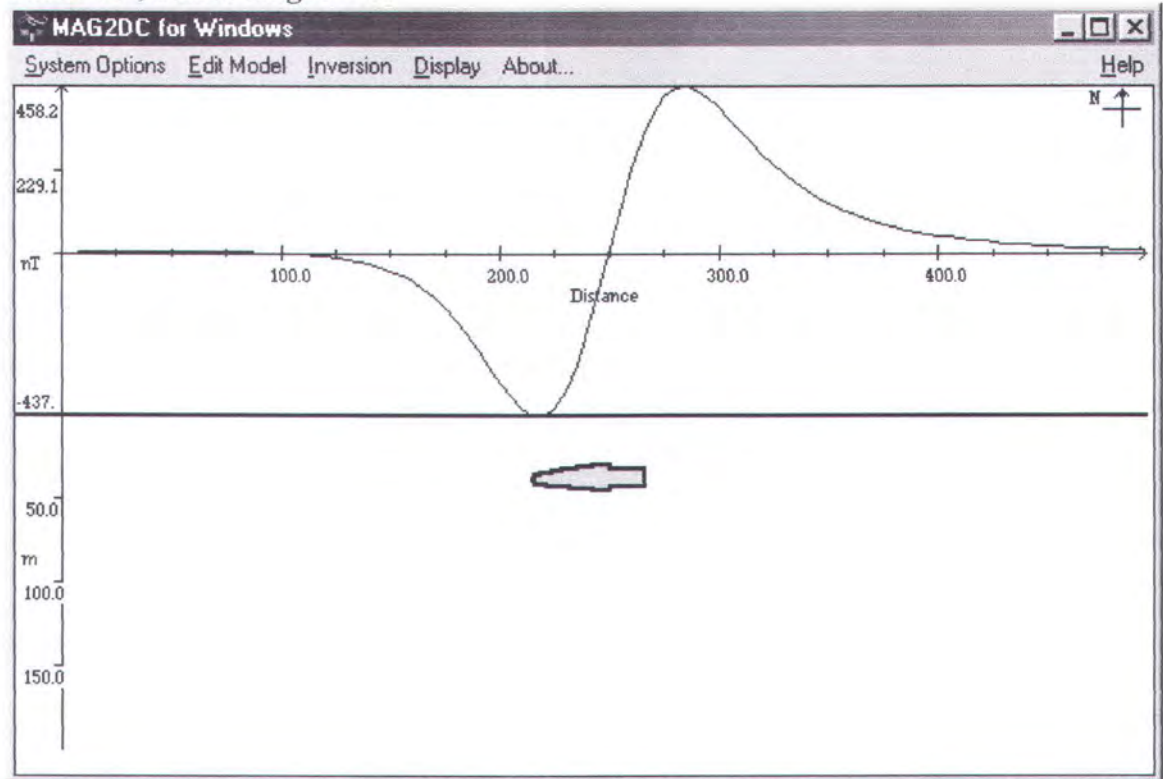
Sudut  $45^0$ , Strike length = 51.5



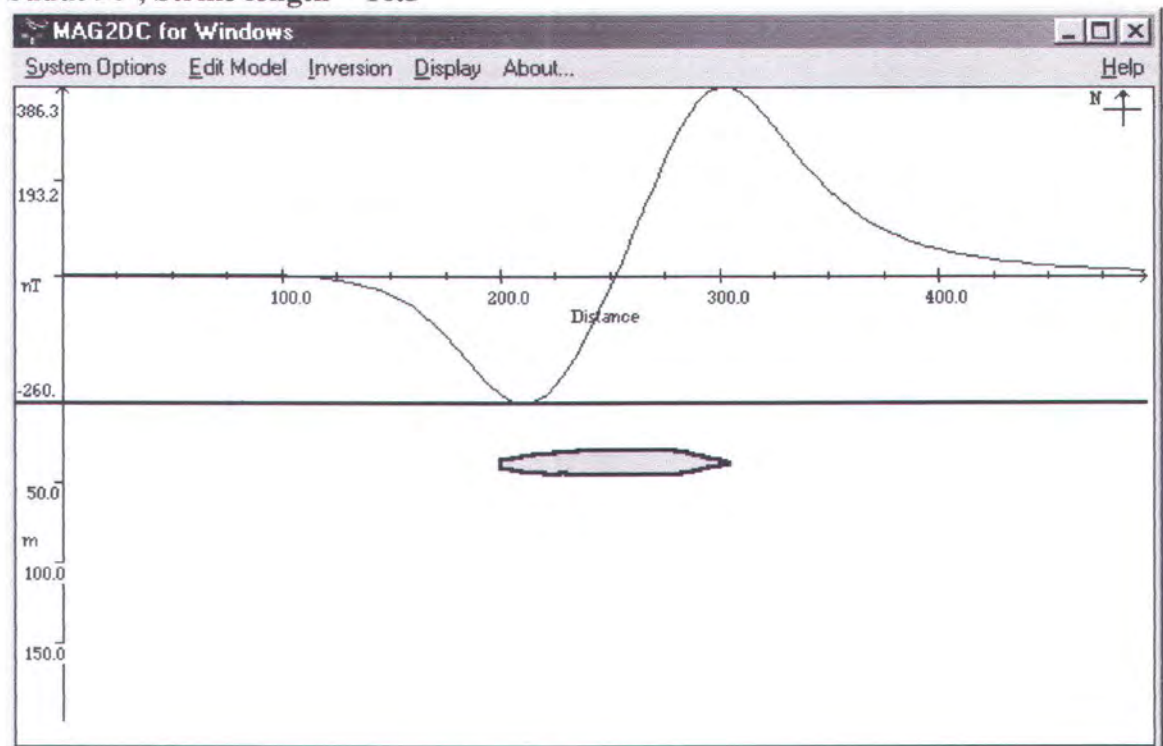
Sudut  $60^0$ , Strike length = 49.5



Sudut  $75^0$ , Strike length = 48

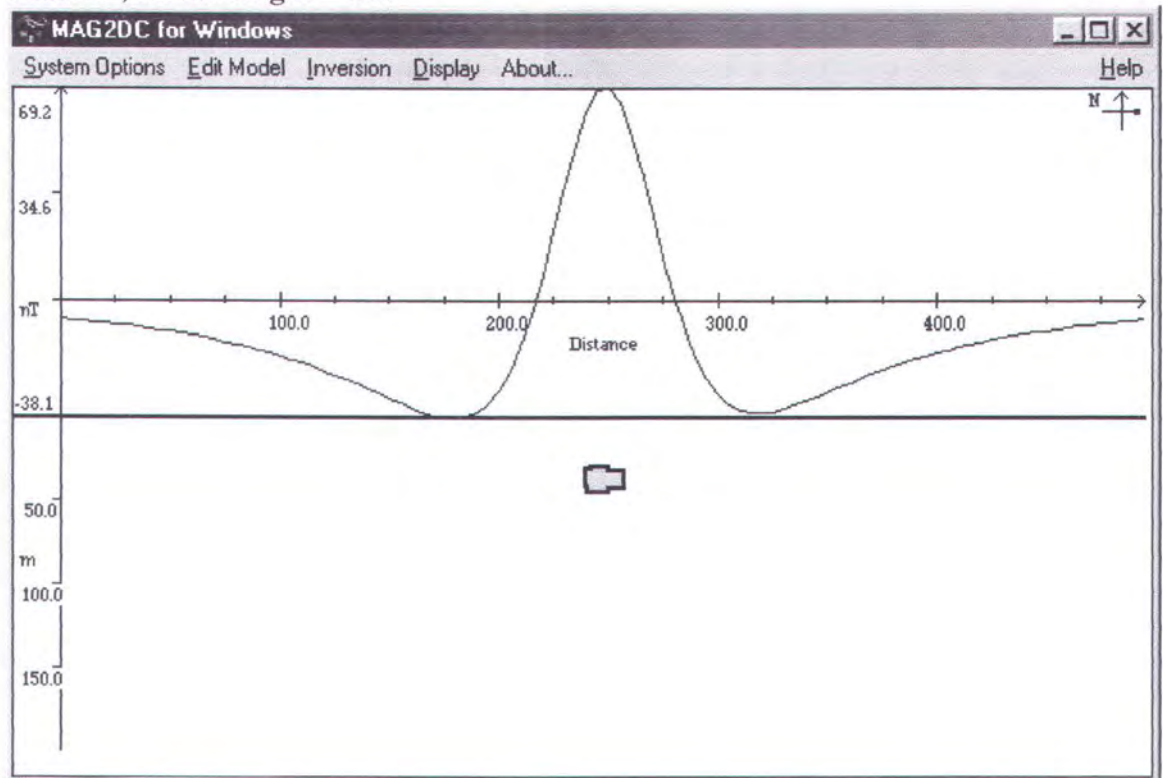


Sudut  $90^0$ , Strike length = 16.5

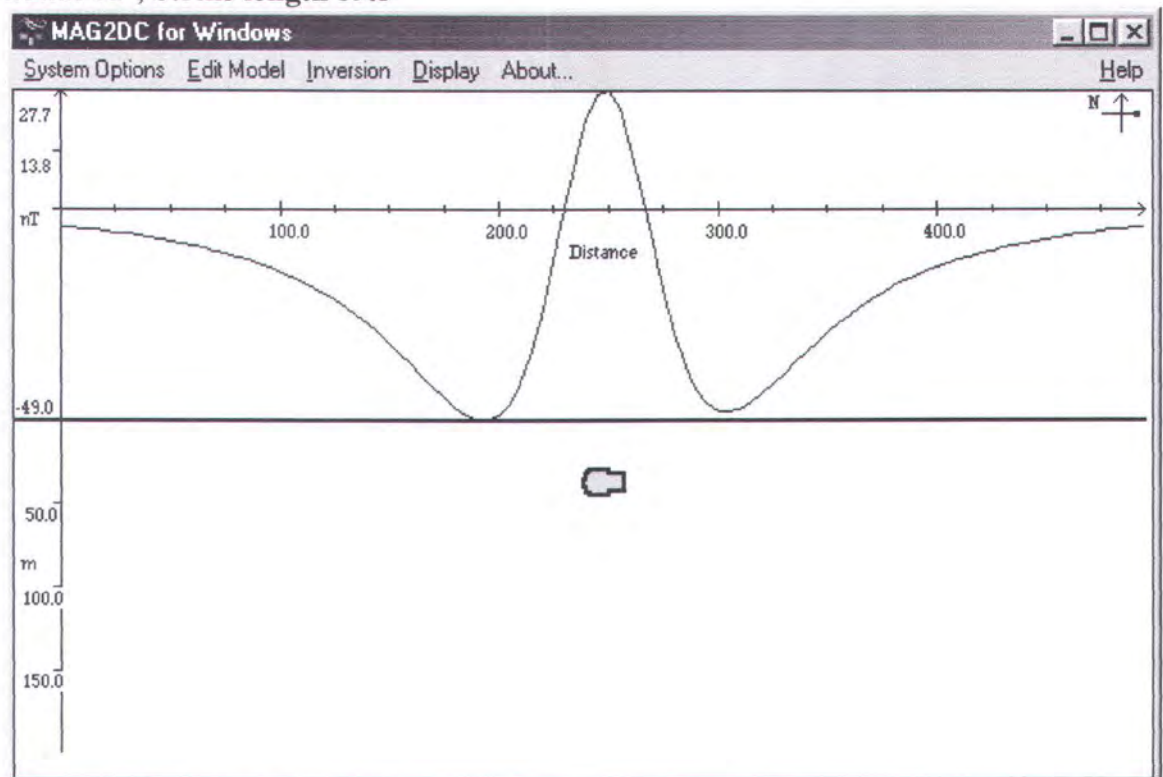


### 5.1.2 Hasil Model Anomali Medan Magnet dengan Bearing $90^0$

Sudut  $0^0$ , Strike length = 105

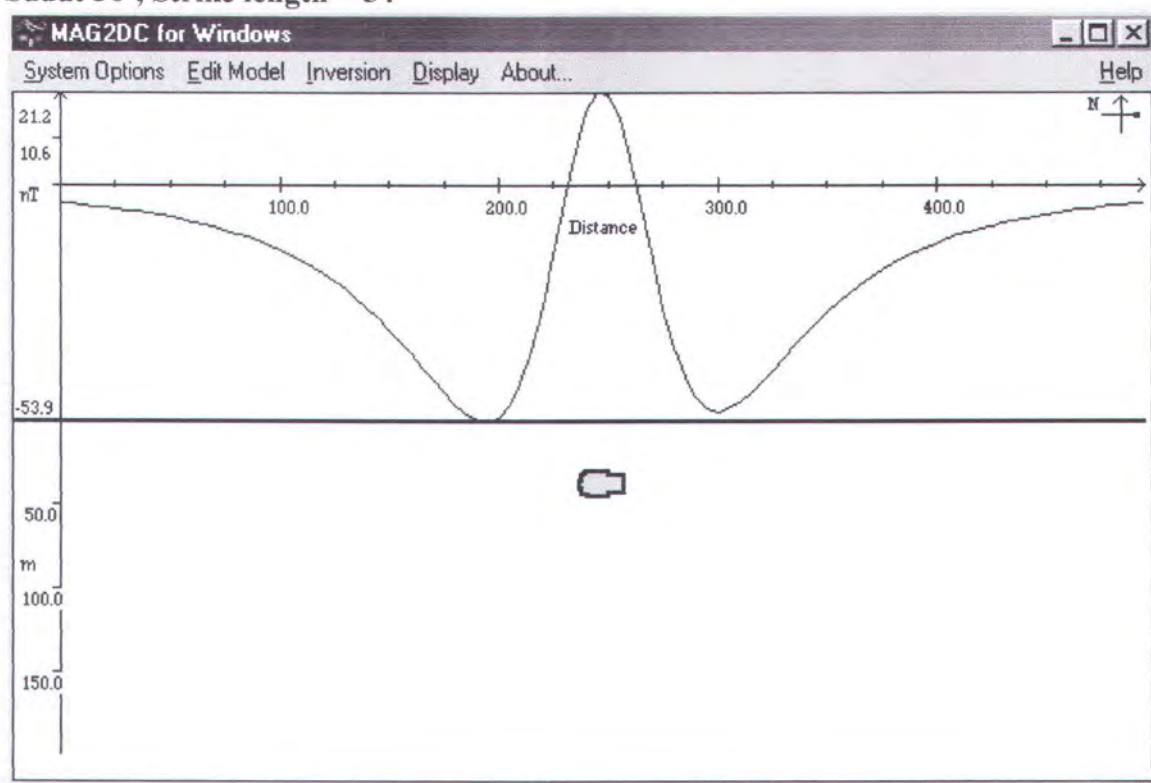


Sudut  $15^0$ , Strike length 59.5

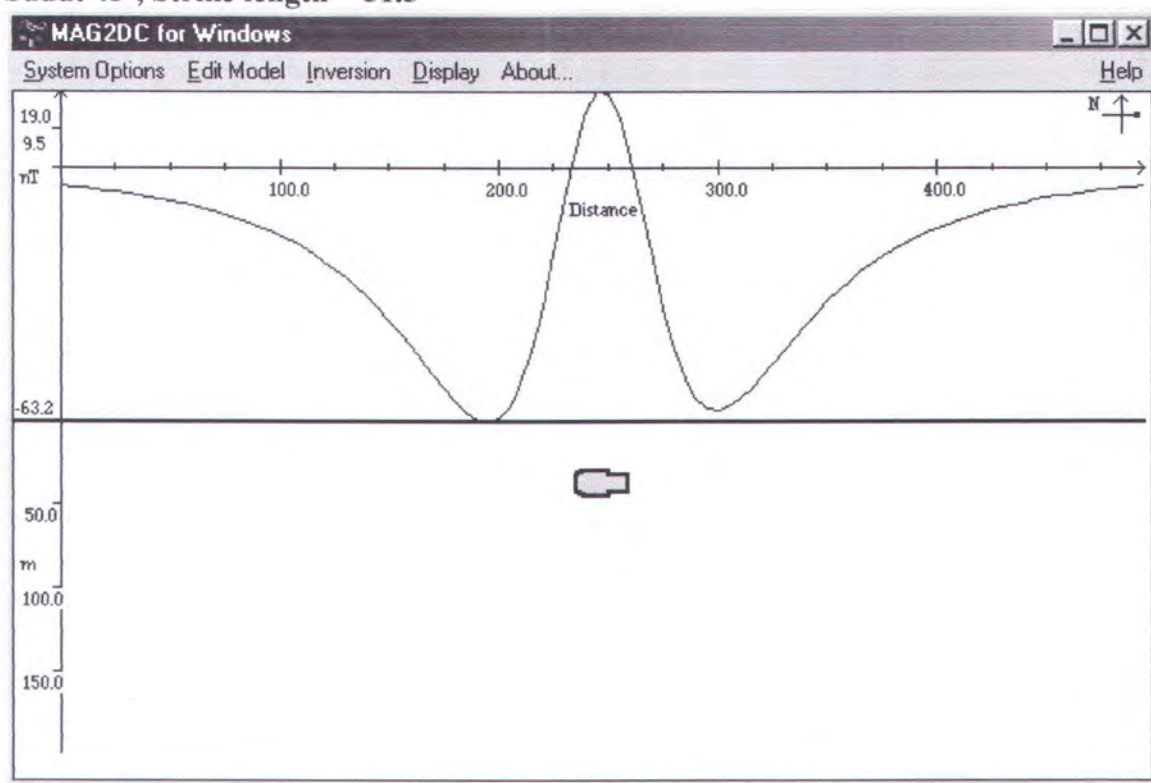




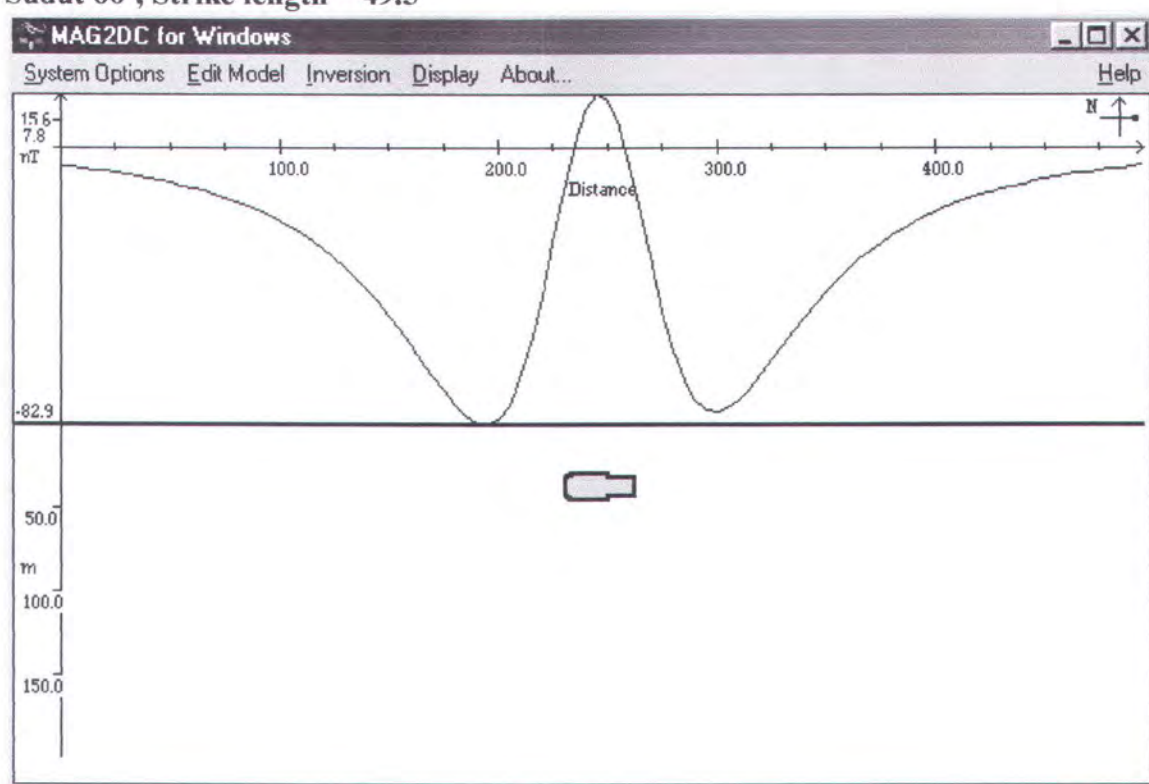
Sudut  $30^{\circ}$ , Strike length = 54



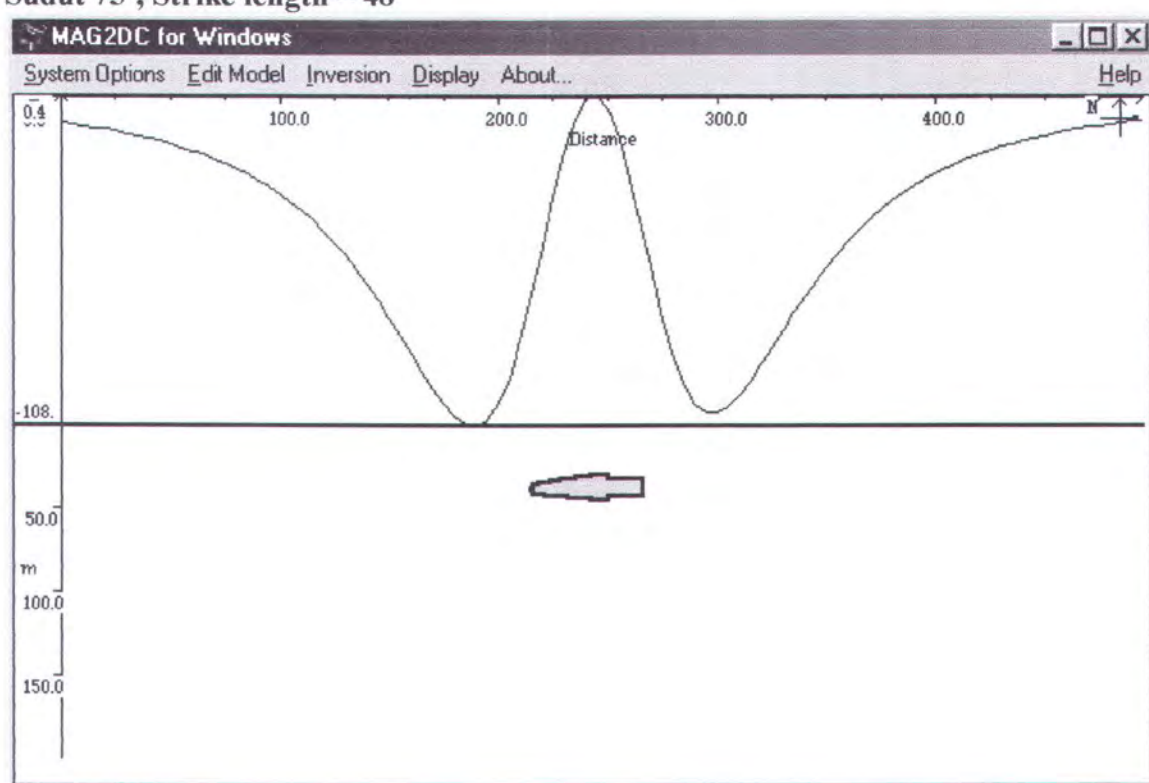
Sudut  $45^{\circ}$ , Strike length = 51.5



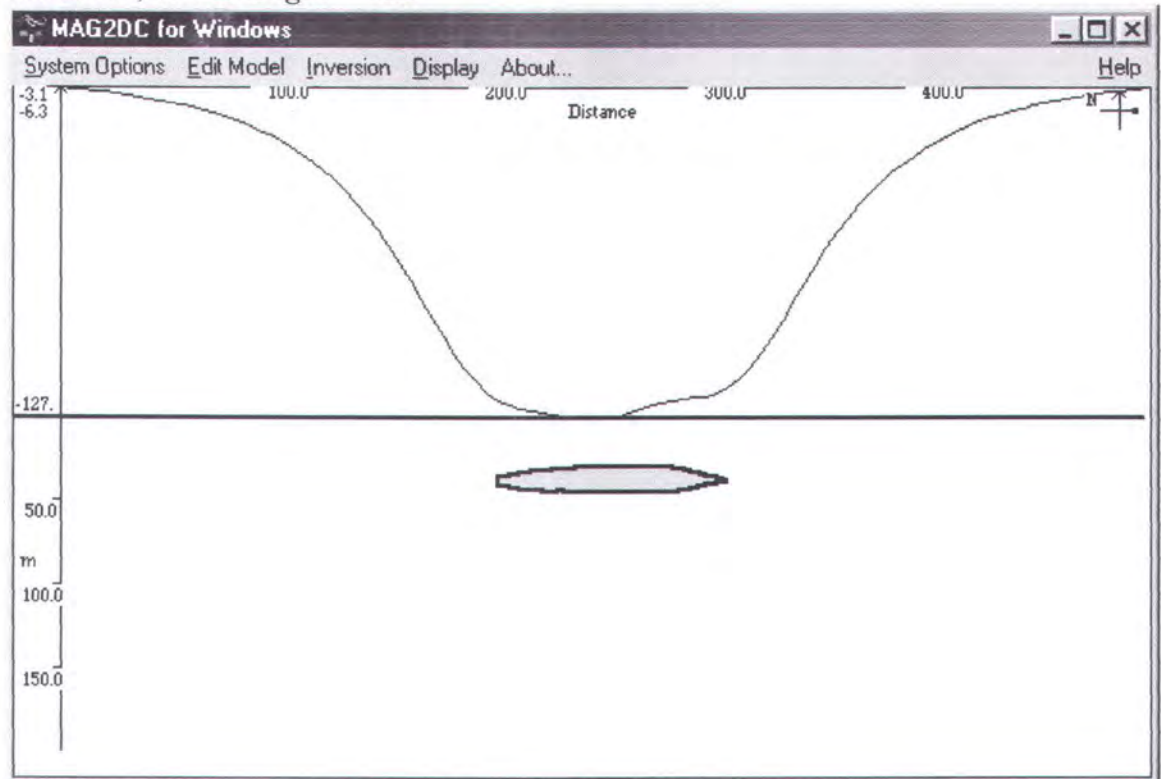
Sudut  $60^0$ , Strike length = 49.5



Sudut  $75^0$ , Strike length = 48



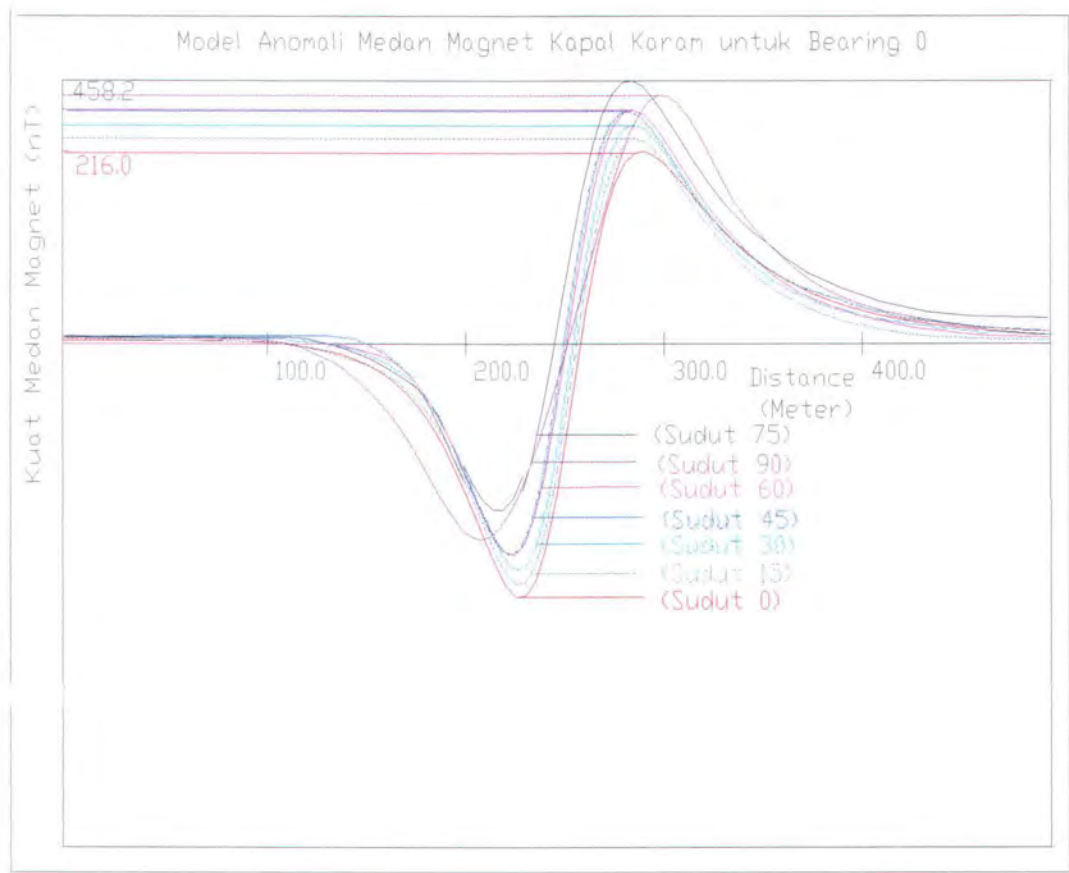
Sudut  $90^0$ , Strike length = 16.5



### 5.1.3 Model Anomali Medan Magnet.

Untuk memudahkan dalam proses pembahasan maka hasil model anomali yang didapatkan akan di ubah dan dijadikan satu model ke dalam bentuk gambar di AutoCad. Setelah itu anomali kuat medan magnet dari kapal karam yang dihasilkan juga akan dibuat grafik dalam excel agar lebih memudahkan dalam hal melihat kecenderungannya serta pembahasan.

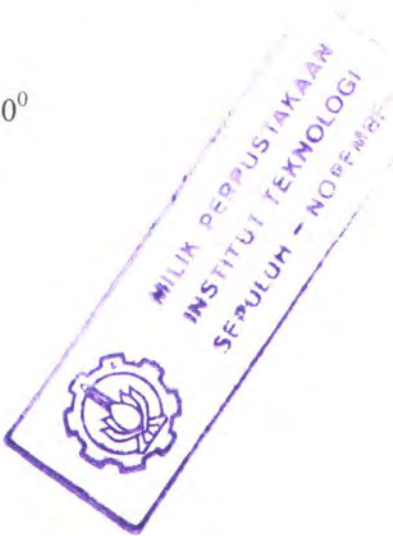


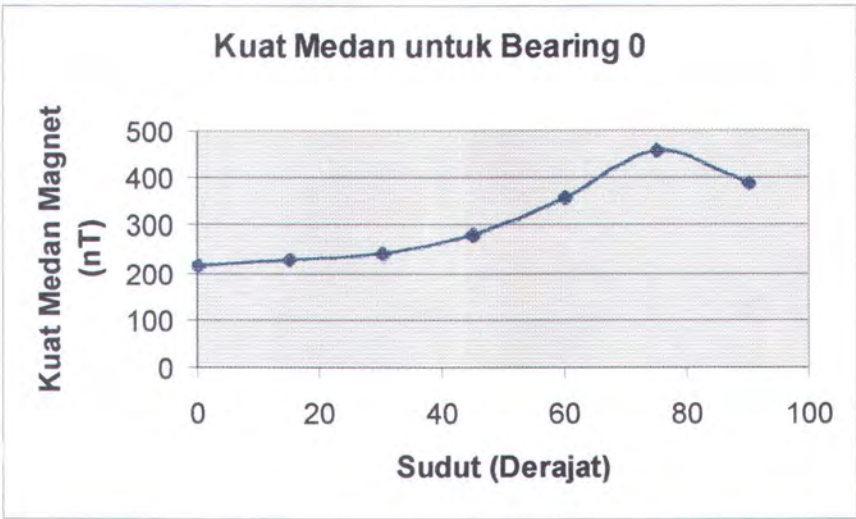


Gambar 5.1 Model anomali medan magnet kapal karam untuk bearing 0<sup>0</sup>

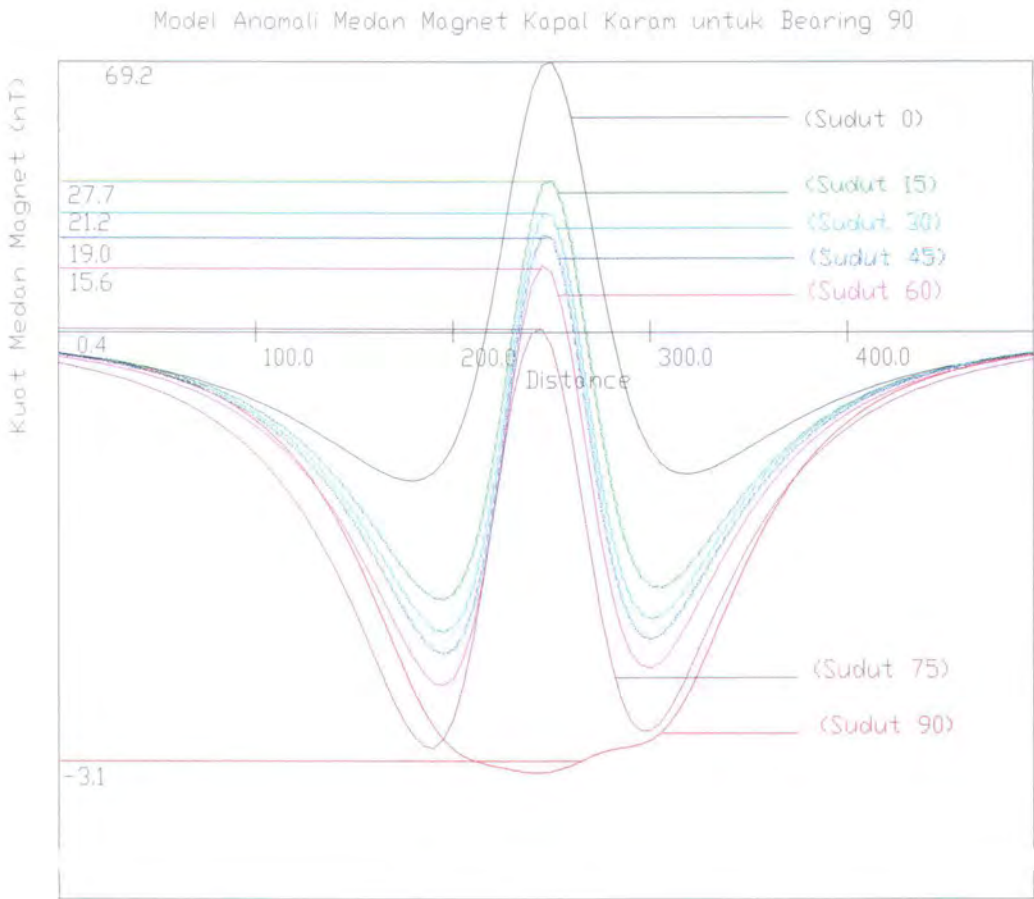
Tabel 5.1 Kuat medan magnet kapal karam untuk bearing 0<sup>0</sup>

Nomor	Sudut (derajat)	Kuat medan (nT)
1	0	216.0
2	15	226.7
3	30	241.9
4	45	278.6
5	60	358.0
6	75	458.2
7	90	386.3





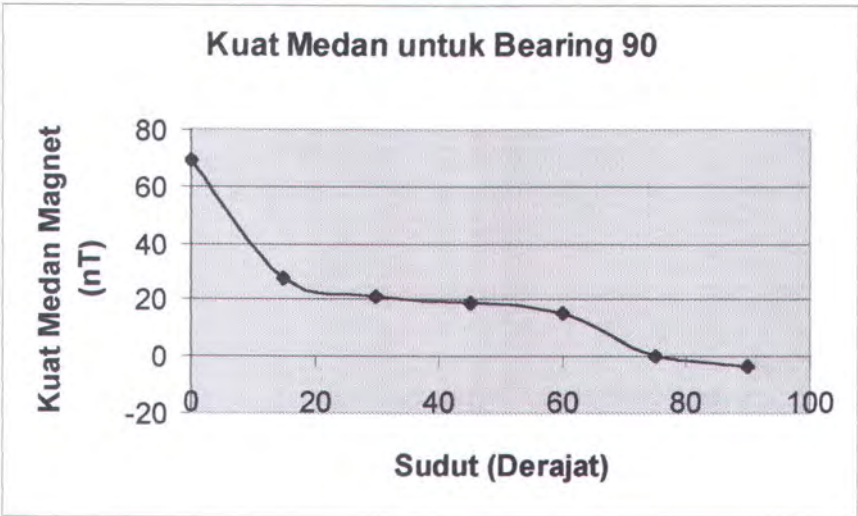
Gambar 5.2 Grafik model anomali medan magnet kapal karam untuk bearing 0<sup>0</sup>



Gambar 5.3 Model anomali medan magnet kapal karam untuk bearing 90<sup>0</sup>

Tabel 5.2 Kuat medan magnet kapal karam untuk bearing 90<sup>0</sup>

Nomor	Sudut (derajat)	Kuat medan (nT)
1	0	69.2
2	15	27.7
3	30	21.2
4	45	19.0
5	60	15.6
6	75	0.4
7	90	-3.1



Gambar 5.4 Grafik model anomali medan magnet kapal karam untuk bearing 90<sup>0</sup>

V.2 Pembahasan Model

V.2.1 Bearing 0<sup>0</sup> (Arah survei dari utara ke selatan)

Hasil nilai kuat medan untuk bearing 0<sup>0</sup> memiliki nilai semakin besar untuk sudut potong 0<sup>0</sup> sampai sudut potong 75<sup>0</sup> yaitu dari 216.0 nT untuk sudut potong 0<sup>0</sup> dan 458.2 nT untuk sudut potong 75<sup>0</sup>. Kecenderungan nilai kuat medan yang semakin besar untuk bearing 0<sup>0</sup> itu dikarenakan luas penampang potongan untuk sudut 0<sup>0</sup> sampai sudut 75<sup>0</sup> yang semakin besar



pula sesuai dengan sudut potongan. Dan untuk panjang *strike length* juga berpengaruh terhadap kuat medan yang ditimbulkan, yaitu untuk sudut  $0^0$  sepanjang 105 dan untuk sudut  $75^0$  sepanjang 16.5.

Untuk nilai kuat medan magnet potongan sudut  $90^0$  yang bernilai semakin menurun, hal itu dikarenakan *strike length* untuk potongan sudut  $90^0$  hanya sepanjang 16.5. Perbedaan yang sangat jauh dengan panjang *strike length* sudut sebelumnya yaitu sudut  $75^0$  sepanjang 48. Selain itu panjang *strike length* untuk sudut yang lainnya juga tidak terlalu kecil dibandingkan dengan sudut  $90^0$ .

### V.2.2 Bearing $90^0$ (Arah survei dari timur ke barat)

Hasil nilai kuat medan untuk bearing  $90^0$  memiliki nilai semakin kecil untuk sudut potong  $0^0$  sampai sudut potong  $90^0$  yaitu dari 69.2 nT untuk sudut potong  $0^0$  dan -3.1 nT untuk sudut potong  $90^0$ . Kecenderungan nilai kuat medan untuk bearing  $90^0$  yang semakin kecil itu dikarenakan luas penampang potongan untuk sudut  $0^0$  sampai sudut  $90^0$  yang semakin besar pula sesuai dengan sudut potongan. Panjang *strike length* juga berpengaruh terhadap kuat medan yang ditimbulkan, yaitu untuk sudut  $0^0$  sepanjang 105 dan untuk sudut  $75^0$  sepanjang 16.5.

Untuk nilai kuat medan magnet pada potongan sudut  $90^0$  yang bernilai negatif dikarenakan dikarenakan *strike length* untuk potongan sudut  $90^0$  yang dimasukkan tidak terlalu pnjang, yaitu sepanjang 16.5. Dengan

perbedaan panjang strike length yang jauh untuk potongan kapal karam ini sehingga menyebabkan nilai negatif untuk sudut  $90^0$ .

Model anomali medan magnet untuk bearing  $0^0$  dan bearing  $90^0$  yang bentuk dan nilainya sangat berbeda, hal itu dikarenakan arah survei yang dilakukan antara bearing  $0^0$  dan bearing  $90^0$  berbeda. Untuk bearing  $0^0$  survei dilakukan dari arah utara menuju ke selatan, dimana survei dari arah selatan ke utara ataupun sebaliknya, nilai kuat medan yang dihasilkan akan sangat dipengaruhi oleh kuat medan magnet dari bumi itu sendiri. Karena kuat medan magnet di bumi memiliki perbedaan yang mencolok untuk setiap lintang yang berbeda atau kuat medan magnet bumi bernilai maksimum pada kedua kutubnya dan minimum di khatulistiwa.

Untuk bearing  $90^0$  survei dilakukan dari arah timur menuju ke arah barat, dimana survei dari arah timur ke barat ataupun sebaliknya, maka nilai kuat medan yang dihasilkan tidak terlalu dipengaruhi oleh kuat medan magnet bumi. Karena kuat medan di bumi memiliki perbedaan yang mencolok untuk setiap lintang yang berbeda, dan arah survei yang dilakukan dari arah timur menuju ke barat atau sebaliknya memiliki lintang yang relatif sama. Sehingga bentuk model dan nilai kuat medan yang didapatkan tidak terlalu dipengaruhi oleh kuat medan bumi, akan tetapi kuat medan magnet yang mempengaruhi adalah dari nilai suseptibilitas dari benda itu sendiri.



Bentuk kurva anomali medan magnet yang dihasilkan untuk bearing  $0^0$  dan bearing  $90^0$  cenderung turun sebelum akhirnya naik maksimum di atas benda yang diobservasi. Setelah berada pada titik maksimum, kurva anomali tersebut akan kembali menurun sampai batas terendah dan akhirnya lagi naik sampai sejajar dengan nilai kuat medan magnet yang normal atau nol. Kecenderungan seperti ini sangat sesuai dengan fenomena gelombang, dimana bila suatu gelombang akan mengalami kenaikan umumnya mengalami penurunan dulu.

Aplikasi yang dapat diambil dari grafik tersebut adalah dapat digunakan sebagai acuan bagi orang yang akan melakukan survei magnetic secara langsung di lapangan untuk menduga anomali medan magnet yang ditimbulkan oleh adanya kapal karam di dasar laut. Selain untuk menentukan anomali medan magnet akibat adanya kapal karam, grafik ini juga sekaligus sebagai alat untuk menduga keberadaan posisi kapal karam yang ada di dasar laut. Dalam tugas akhir ini contoh kapal karam yang dipakai adalah kapal karam Van der Wijck, sehingga grafik ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menduga besar anomali kuat medan magnet akibat kapal Van der Wijck yang ada di perairan pantai Lamongan.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Mereka menjawab: "Maha suci Engkau, tidak ada yang kami ketahui selain daripada yang telah Engkau ajarkan kepada kami; sesungguhnya Engkaulah yang Maha Bijaksana. (Q.S. Al Baqarah ayat 32).

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

1. Aplikasi yang diperoleh dari metode goemagnet adalah dapat digunakannya metode tersebut untuk mengetahui anomali kuat medan magnet dari suatu benda yang berada di bawah air atau kapal karam dan dari hasil tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk survei dilapangan secara langsung.
2. Variasi anomali medan magnet yang diperoleh dengan sudut bearing  $0^0$  dan  $90^0$  memiliki kecenderungan nilai anomali yang berbeda, dimana untuk bearing  $0^0$  memiliki kecenderungan nilai anomali naik dengan nilai maksimum pada sudut potong  $75^0$  yang bernilai 458.2 nT dan minimum pada sudut potong  $0^0$  yang bernilai 216.0 Nt, tetapi untuk sudut  $90^0$  bernilai di bawah nilai sudut  $75^0$ , yang disebabkan karena perbedaan strike length yang tajam antara sudut  $75^0$  dan sudut  $90^0$ . Dan untuk bearing  $90^0$  memiliki kecenderungan nilai anomaly turun dengan nilai maksimum pada sudut potong  $0^0$  yang bernilai 69.2 nT dan minimum pada sudut potong  $90^0$  yang bernilai -3.1.



**6.2. Saran.**

1. Agar mendapatkan model yang mendekati dengan survei secara langsung, maka pengeditan bidang potongan dalam software MAG 2 DC harus menggunakan titik yang lebih banyak agar penampang tersebut mendekati bentuk sesungguhnya.
2. Agar didapatkan model anomali yang lebih mewakili, maka diusahakan untuk memperhitungkan volume bangunan atas kapal yang kecil, sehingga bentuk potongan kapal karam lebih mewakili dan akan didapatkan model anomaly yang mendekati survei lapangan.
3. Hasil interpretasi ini tidak dapat memastikan 100 persen sama dengan hasil survei secara langsung dengan menggunakan alat magnometer. Namun dengan mengetahui bentuk anomaly medan magnet untuk kapal karam Van der Wijck, maka dapat digunakan sebagai acuan awal nilai anomali medan magnet untuk kapal karam Van der Wijck.





## DAFTAR PUSTAKA

بسم الله الرحمن الرحيم

*Dan Dialahi Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan dari padanya daging segar dan kamu keluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai dan kamu lihat bahtera berlayar pada-Nya dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur. (Q.S. An-Nahl ayat 14).*

## DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2000. "Register of Ships", Jakarta. Indonesia
- Dobrin, M.B. 1981. "Introduction To Geophysical Prospecting". Edisi Ke-3.  
Tokyo. Mc. Graw-Hill Inc.
- Mustain, M. 1996. "Diktat Kuliah Lingkungan Laut I". Jurusan Teknik Kelautan.  
FTK- ITS. Surabaya.
- Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL), 2000. "Teori, Aplikasi Metoda  
dan Peta Magnetik", Bandung.
- Pranowo, P. S., 1997, "Pemodelan Eksplorasi Geomagnet", Tugas Akhir Jurusan  
Fisika FMIPA, ITS Surabaya.
- Santoso, D., 2002. "Pengantar Teknik Geofisika", Jurusan Teknik Geofisika.  
Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral-ITB. Bandung.
- Santoso & Soedjono, 1983. "Teori Bangunan Kapal", FTK-ITS. Surabaya.
- Santosa, I. G. M., 1999. "Perencanaan Kapal", Jurusan Teknik Perkapalan.  
FTK-ITS. Surabaya.
- Setiadewi, N. M., 2002. "Analisa Anomali Medan Magnet Bumi Akibat Adanya  
Benda Bawah/Dasar Laut di Perairan Cirebon", Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS. Surabaya.
- Sharma, P.V., 1997. "Environmental And Engineering Geophysics", Cambridge  
University Press. New York. USA.
- Sulistiono, 2001, Metode Magnetik, "Materi Workshop Geofisika Terpadu di  
Kaldera Bromo", Lab. Geofisika Jurusan Fisika-FMIPA-ITS. Surabaya.

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988."Principles of Naval Architecture Second Revision", Jersey City. NJ.

Telfrod, W.M. 1990. "Applied Geophysics". Edisi Ke-2. Cambridge University Press. New York. USA.

Wahyudi. 1997. "Diktat Kuliah Lingkungan Laut II". Jurusan Teknik Kelautan-FTK- ITS. Surabaya.

-----, [2003], "Kapal Karam di Perairan Indonesia", <http://www.dkp.go.id>



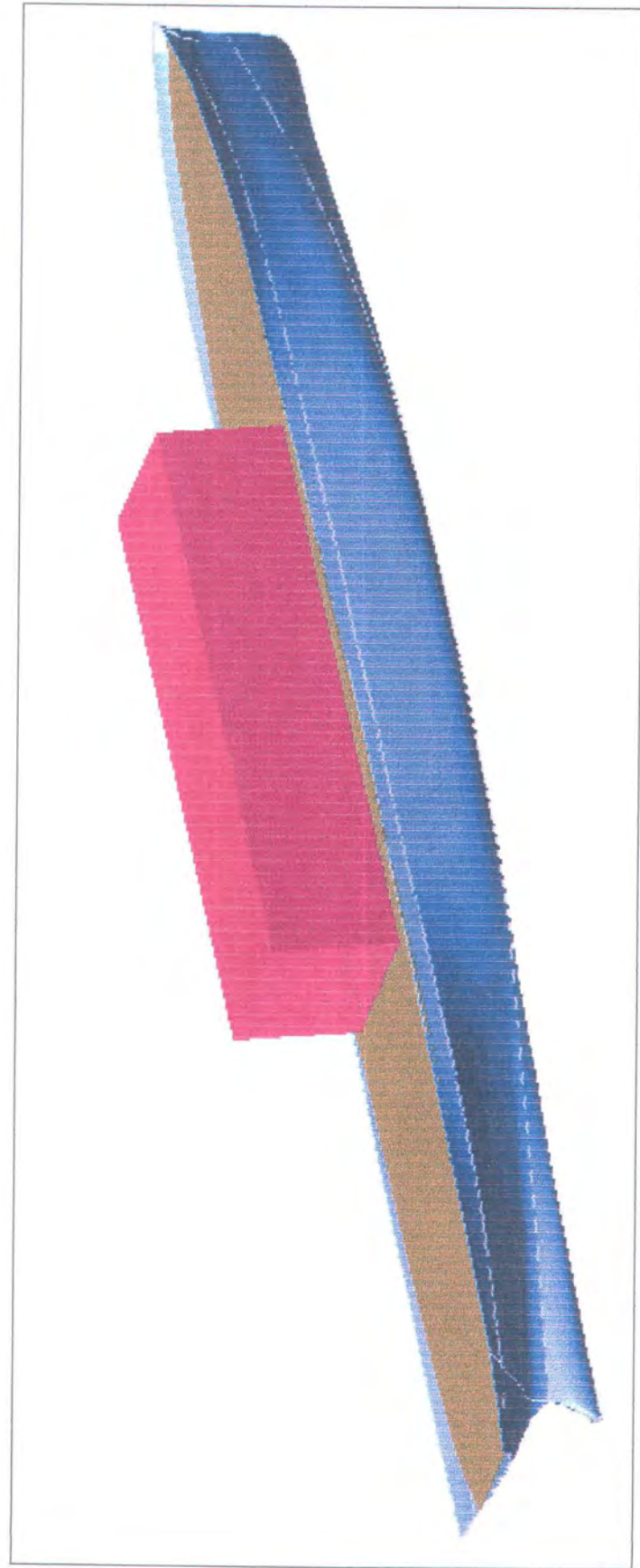


## LAMPIRAN

# Lampiran A

Model Tiga Dimensi Kapal KaramVan der Wijck.

Model 3 Dimensi Kapal Van der Wijck





## Lampiran B

Sejarah dan Data Kapal Karam Van der Wijck.

SEKRETARIAT DAERAH KABUPATEN LAMONGAN  
BAGIAN HUMAS DAN PROTOKOL  
Jl. K.H. Ahmad Dahlan Nomor 1 Telp. (0322) 321166  
LAMONGAN

GUNTUNGAN PERS

MEDIA	EDISI	HALA MAN	DISEDIAKAN YTH. Ep. BUPATI	DISEDIAKAN YTH. Ep. WK. BUPATI
SURYA	JUM'AT 26 JULI 2002	XVI		

NOMOR : 485 / 10.1 / 413.012 / 2002

## Penemuan Van Der Wijck melibatkan penyelam khusus

**S**EMULA, banyak orang beranggapan, Van Der Wijck hanyalah sebuah legenda tentang sebuah kapal kolonial yang tenggelam di utara Pulau Jawa, tepatnya di kawasan Lamongan.

Namun, sekarang setelah ditemukannya bangkai kapal itu, anggapan tadi berangsur-angsur berubah. Dari hanya sekadar cerita — bahkan pernah dijadikan karya sastra berjudul *Tenggelamnya Kapal Van Der Wijck* oleh Buya

Hamka — ternyata cerita itu memang betul-betul nyata.

Van Der Wijck ditemukan Kamis (27/6) di posisi 45 meter di kedalaman Laut Jawa, sekitar 13 mil lepas Pantai Brondong, Lamongan oleh penyelam PT Jaya Salvage Indonesia yang ditugasi Pemkab Lamongan khusus melacak keberadaan kapal kolonial yang melegenda itu. Bupati Lamongan, H

Kapal Van Der Wijck

Masfuk SH, menyatakan kegenibiranannya dengan ditemukannya bangkai kapal ini. Malum, Pemkab Lamongan sudah memulai menyisir soal keberadaan kapal ini sejak 1995. Namun, sejauh itu belum bisa memastikannya.

Menurut keterangan Kedutaan Besar Belanda di Jakarta, kapal uap KPM Van Der Wijck dibunt di galangan kapal Mij Fijenoord, Rotter-

dam pada tahun 1921.

Van Der Wijck merupakan sebuah kapal penumpang dengan kapasitas 76 tempat duduk yang terbagi dua kelas, serta 780 di dek dengan spesifikasi bobot mati 2.596 grt, panjang 105 meter dan lebar 15 meter.

Kapal itu diduga tenggelam akibat hampasan badai, saat berada di perairan Tanjung Pakis (sekarang dikenal dengan nama

Brondong), ketika berlayar dari Surabaya menuju Semarang, pada malam 19 ke-20 November 1936.

Dalam musibah itu, sebanyak 58 penumpangnya dikabarkan tewas akibat tenggelam, termasuk di antaranya 21 awak kapal yang terdiri 3 berkebangsaan Eropa dan 18 orang lainnya warga Indonesia.

Menegangkan

Proses penemuan kapal

bersejarah itu memang sangat berat dan menegangkan. Selain melibatkan empat penyelam khusus laut dalam, seorang mekanik dan sembilan asisten penyelam, peralatan yang dibawa juga sangat lengkap dan modern.

"Sebelumnya, kami sudah memastikan posisi bangkai kapal pada 14 mil lepas pantai, di kedalaman 45 meter dengan jarak pandang maksimal 2 meter," ujar Armard van Kempen, manajer PT Jaya Salvage Indonesia, perusahaan yang melakukan penyelaman dan dokumentasi bawah laut.

Detik-detik menegangkan dimulai Selasa (25/6) ketika penyelam menemukan posisi bangkai kapal lalu memberi tanda bany. Rabu (26/6), tim kembali ke lokasi, guna penyelaman dan pembuatan dokumentasi di laut dalam. Namun sayangnya, kapal tidak bisa menemukan posisi jangkar sehingga penyelam

man ditunda.

Baru pada Kamis (27/6), penyelaman dilakukan dengan mengambil gambar video bawah air dari bangkai kapal. Pengambilan gambar dilakukan dari berbagai sudut. Dari hasil video itu, akhirnya diyakini bangkai kapal itu memang Van Der Wijck.

Waktu ditemukan pertama kali, posisi kapal dalam keadaan tidur dengan lambung sebelah kiri berada di bawah dasar laut dan lambung kanan kapal di atas.

Meski gagal menemukan tulisan Van Der Wijck di lambung kapal akibat seluruh bagian dipenuhi tumbuhan laut setebal 0,5 meter, namun tim tetap berkeyakinan bangkai kapal itu adalah Van Der Wijck. Keyakinan itu juga didasarkan kepada bentuk jendela dan beberapa strukturnya yang sesuai dengan gambar yang sudah dimilikinya. (adi agus santoso)

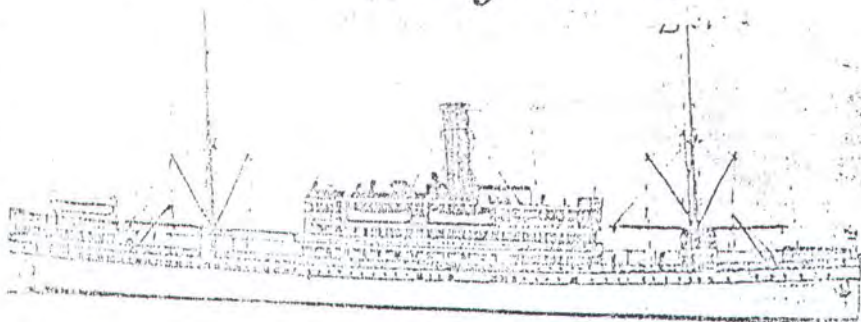


FOTO: IST



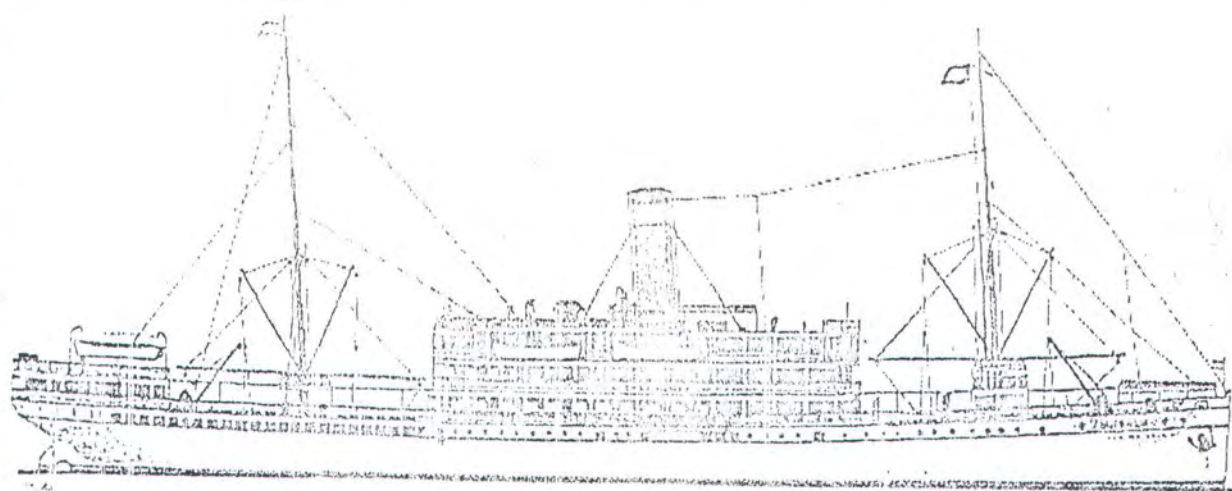
KEPALA BAGIAN HUMAS  
DAN PROTOKOL

SOEHARTO, BA

Pembina

Nip. 510 057 240

ss VAN DER WUICK (1921) Koninklijke Pakervvaart Mij.



Built by Mij. Fijencord, Rotterdam(2596grt; 105x15m; 13.5kn; 76 passengers in 2 classes + 780 deck). Employed in the Java-Deli express service. Capzised in calm sea October 1936 underway from Surabaya to Semarang .



## Lampiran C

Peta lokasi tenggelamnya kapal Van der Wijck di perairan Lamongan.

**Lokasi tenggelamnya kapal karam Van der Wijck  
di perairan Lamongan**

